



Université Mohamed Khider
de Biskra Faculté de science
et technologie Génie
Mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :

Mr. REZGUI NADJIB

Amélioration du chauffage solaire par l'addition des chicanes sous forme rectangulaire et transversal au sens d'écoulement de fluide

Jury :

Mr.	MAHBOUB Chawki	MCB	Université de Biskra	Président
Mr.	CHABANE Foued	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Mr.	ZELLOUF Miloud	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2020- 2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce mémoire à : mes parents et ma famille qui m'ont constamment aidés de leurs conseils, encouragements et de leur soutien moral tout le long de mes études.

Ma mère qui a œuvré pour ma réussite, les sacrifices et ses précieux conseils pour toute son assistance et sa présence dans ma vie. Reçois à travers ce modeste travail l'expression de mes sentiments.

Mon père qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider et avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit.

Mes frères et mes sœurs : hammadi, souidi, ismahane, nada, lobna, sonia et ma grande mère. Qui m'ont assisté ces moments difficiles et m'ont servi.

Je pourrais tous citer mes vrais amis de par le monde qui N'ont cessé de m'encourager.

Rezgui nadjib

Remerciements

Au terme de ce travail, je remercie Dieu le Tout Puissant pour m'avoir donné la force dans les moments difficiles d'éditer ce mémoire.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous les membres de ce jury, Pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger ce travail.

Je dois remercier Dieu le tout puissant qui m'a Donné la force pour réaliser ce travail.

Le grand merci à mon encadreur Mr.CHABNE Foued

Pour son aide durant la résolution de ce mémoire. Je tiens également à remercier les membres du jury

Mr.MAHBOUB Chawki et Mr.Miloud.ZALLOUF Miloud Pour

l'honneur Qu'ils m'ont accordé en acceptant de juger mon travail.

Je remercie aussi l'ensemble des enseignants du département de Génie Mécanique, qui a contribué à ma formation.

Liste de tableau

Chapitre I : Gisement solaire

Tableau.I.1: Répartition spectrale du rayonnement thermique15

Tableau.I.2: Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques.....17

Chapitre 3 : Etude expérimentale

Tableau.III.1: Dimension des constituants.....55

Tableau.III.2: Caractéristiques thermo-physiques des composants.....55

Tableau.III.3: Caractéristiques optiques des éléments de construction.....56

Tableau.III.4: Caractéristiques dimensionnel de chicanes pour différent configuration.....58

Liste des figures

Chapitre I : Gisement solaire

Figure I.1	Le soleil.....	1
Figure I.2	la structure du soleil.....	2
Figure I.3	Cycle de vie du soleil.....	3
Figure I.4	La course de la Terre autour du Sole	6
Figure I.5	Équinoxes de printemps	6
Figure I.6	La hauteur et l'azimut	6
Figure I.7	La hauteur et l'azimut.....	7
Figure I.8	Diagramme solaire cylindrique pour Uccle en temps universel.....	7
Figure I.9	Longitudes et latitudes sur le globe.....	9
Figure I.10	Déclinaison du soleil en fonction du numéro du jour de l'année n.....	10
Figure I.12	Hauteur et azimut pour un observateur dans l'hémisphère Nord.....	11
Figure I.13	Variation mensuelle de la constante solaire	14
Figure I.14	Spectre solaire.....	15
Figure I.15	Composantes du rayonnement solaire: extraterrestre, global = direct + diffus + albédo.....	16
Figure I.16	Carte du monde de l'enseillent moyen annuel	17
Figure I.17	Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu.....	18
Figure I.18	Capteur solaire plan à air.....	19
Figure I.19	Chauffages est climatisait habitations	19
Figure I.20	séchage solaire	20
Figure I.21	Les types génériques principaux d'écoulements	21
Figure I.22	Capteurs à absorbeur perméable	22
Figure I.23	différents type d'absorbeur	22

Chapitre II : Etude bibliographique

Figure II.1	Disposition des obstacles DCL	23
--------------------	-------------------------------------	----

Figure II.2 Disposition des obstacles OCL.....	24
Figure II.3 Variation du rendement (h) et des pertes de charge (DP) en fonction du débit QV, capteur SC, Capteur muni de DCL, OCL puis TL.....	24
Figure II.4 Capteur muni d'obstacles TL	25
Figure II.5 Disposition des chicane et géométrie de passage d'air	26
Figure II.6 Effet du flux d'air sur l'efficacité journalière du capteur, avec et sans utilisation d'ailettes pour les mois de janvier, février et mai	26
Figure II.7 Différents types des modes étudiées.....	27
Figure II .8 Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.....	27
Figure II.9 Variation du rendement thermique en fonction de débit massique pour une valeur fixe du rayonnement solaire ($I_g=1100 \text{ W/m}^2$).....	28
Figure II.10 Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.....	29
Figure II.11 Différents types des modes étudiées.....	30
Figure II.12 Evolution du rendement thermique pour différente d'inclinaison des chicanes.....	31
Figure II.13 Différents types des modes étudiées.....	32
Figure II.14 Evolution du rendement pour divers débit.....	32
Figure II.15 Variations de température le long du capteur solaire ($I_g=900 \text{ W/m}^2$; $\dot{m}=0.132 \text{ Kg/s}$)Le code numérique écrit en langage fortran a été validé une autre fois pour le cas d'un capteur solaire plan à air sans chicanes en comparant nos résultats avec la littérature	33
Figure II.16 Schéma des plaques d'absorption testées : a) obstacles triangulaire, b) obstacles à feuilles, c) obstacles rectangulaire, d) sans obstacles.....	34
Figure II.17 Variation de l'efficacité du capteur en fonction du temps pour différents types de plaques absorbantes	34
Figure II .18 Variation de température de sortie en fonction du temps	35
Figure II .19 Effet de la largeur du capteur sur le coefficient globale des pertes thermique.....	35
Figure II .20 Comparaison des résultats.....	36
Figure II.21 Schéma représentant les deux types des capteurs solaires plans étudiés.....	37
Figure II.22 La géométrie étudiée avec chicanes rectangulaires.....	38

Figure II.23	Présentation des six modèles étudiés: (N) sans obstacles, (A) avec des obstacles rectangulaires et (B) avec des obstacles trapézoïdaux Indices 1 et 2 indiquent, respectivement, que l'entrée de l'air est par le bas ou par le haut CSP.....	38
Figure II .24	Schéma du capteur C (double passage d'air)	38
Figure II.25	Comparaison des rendements des différentes Configurations en fonction du débit.....	39
Figure II.26	Pertes de charge en fonction du débit pour les configurations	40
Figure II.27	Profil du coefficient d'échange air- absorbeur dans le canal supérieur.....	41
Figure II.28	Profil du coefficient d'échange air - absorbeur dans le canal inférieur.....	41
Figure II.29	Evolution de la température du fluide dans les deux canaux du capteur solaire sans et avec milieu poreux, pour $G_f=0.008\text{Kg/s}$ et différents valeurs du rayonnement solaire.....	42
Figure II.30	Comparaison entre les résultats numérique et les résultats expérimentaux et théoriques de Sopian et al.	43
Figure II.31	Effet de la largeur du capteur sur les différentes températures (à la sortie et moyenne du fluide, de l'absorbeur, de la vitre et de la plaque métallique placée sur l'isolant en aluminium.....	44
Figure II.32	Evolution du rendement instantané en fonction de l'inclinaison du capteur.....	44
Figure II.33	Conception des capteurs à aérogel de silice.....	45
Figure II.34	Schéma d'un élément du capteur.....	46
Figure II.35	Evolution des rapports (F_r/F_{ro}) et (U_L/U_{Lo})	47
Figure II.36	Représentation des trois configurations des capteurs.....	48
Figure II.37	Représentation des différentes températures de la plaque en convection naturelle.....	49
Figure II.38	Représentation des températures de sortie du fluide en convection forcée.....	49

Chapitre III : Etude expérimentale

Figure III.1	Banc d'essai.....	53
Figure III.2	Différents types des modes étudiées.....	54
Figure III.3	Dimensions des différents composants.....	56
Figure III.4	Coupe transversale du capteur avec des chicanes rectangulaires.....	56
Figure III.5	La forme des chicanes.....	57

Figure III.6 Coupe longitudinale du capteur avec répartition des chicane dans tous es flux de capteur selon différentes configurations.....	58
Figure III.7 Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas sans chicane).....	59
Figure III.8 Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas avec chicane).....	59
Figure III.9 Thermo-anémomètre à hélice.....	60
Figure III.10 Pyranomètre manuel.....	61
Figure III.11 Capteur de thermocouple de type K.....	62
Figure III.12 Classe Kimo 300.....	62
Figure III.13 Aspirateur.....	63

CHAPITRE IV : Résultats et interprétation

Figure IV.1 Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.....	64
Figure IV.2 Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicane.....	65
Figure IV.3 Ecart de la température du fluide caloporteur selon trois différents débits Massiques.....	67
Figure IV.4 Variation de température de sortie en fonction du temps.....	69
Figures IV.5 Variation de rayonnement solaire en fonction du temps.....	71
La figure IV.6 montre la différence de rendement thermique en fonction du temps solaire réel en fonction débit massique.....	71
Figure IV.7 Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicane (N=18).....	72

Nomenclature

Symbole	Désignation	unité
h	hauteur du Soleil	°
L	latitude, longueur	°
TSV	Temps solaire vrai	h
TSM	Temps solaire moyen	h
TL	Temps légal	h
TU	Temps universel	h
α	Coefficient d'échange thermique par convection	w/m ² °C
V_v	Vitesse du vent	m/s
Q_u	Puissance utile	W
	Débit massique	Kg/s
c_p	Chaleur spécifique de l'air	j/kg. °C
V_f	Vitesse du fluide	m/s
Δp	Perte de charge régulière	Pa
Λ	Coefficient de perte de charge	-
v	Vitesse moyenne du fluide	m/s
ΔT	Variation de la température du fluide caloporteur	°C
Tab	Température de l'absorbeur	°C
L	Longueur du canal	m
Dh	Diamètre hydraulique	m
g	Accélération de pesanteur	m/s ²
I	Eclairement solaire	W/m ²
T	Température	°C
t	Temps	s
ρ	Masse volumique	Kg/m ³

λ	conductibilité	w/m.k
ω	angle solaire	°
ω_1	angle solaire au lever du jour	°
δ	Déclinaison de la terre-soleil	°
β	Inclinaison du capteur	°
τ	Coefficient de transmission	-
α	Coefficient d'absorption	-
η	Rendement instantané	-

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciements

Nomenclature

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre 1 : Gisement solaire

I.1. Introduction.....	1
I.2. Soleil.....	1
I.2.1. Présentation générale	1
I.2.2. Evolution	2
I.3. L'énergie solaire	3
I.3.1. Origine.....	3
I.3.2. Caractères particuliers	4
I.3.3. Captation	4
I.4. Le mouvement Terre-Soleil	5
I.4.1. Le mouvement apparent du Soleil	6
I.5. Calcul de la position du soleil	8
I.5.1 Paramètres de position	8
I.5.1.1 Coordonnées terrestres	8
I.5.1.2. Coordonnées équatoriales	9
I.5.1. 3.Coordonnées horizontales	11
I.6. Paramètre de temps solaire	12
I.6.1. Temps civil	12
I.6.2. Temps universel (<i>TU</i>)	12
I.6.3. Temps légal	12
I.6.4 L'angle horaire: « w »	13
I.6.5 Le temps solaire moyen (TSM)	13
I.7 Constante solaire	13
I.8. L'Albédo « ρ »	14
I.9. Le rayonnement solaire	14
I.9.1 L'irradiation ou rayonnement solaire au sol	15
I.9.1.1. Le rayonnement direct (I)	16
I.9.1.2. Le rayonnement diffus (D)	16
I.9.1.3. Le rayonnement global (G)	16

I.10. Le gisement solaire en Algérie.....	16
I.11. Capteurs solaires à air	18
I.11.1 Principe	18
I.11.2 Applications des capteurs solaires plans à air	19
a. Chauffages et climatisation des habitations	19
b. Séchage	20
I.11.3. Différents types des capteurs solaires plans à air	20
a. Capteurs à absorbeur plan	21
b. Capteurs à absorbeur perméable	21
c. Capteurs à absorbeur à géométrie variable	22
I.12. Conclusion	22

Chapitre II: Etude bibliographique

II.1. Introduction.....	23
II.2. Amélioration des performances des capteurs solaires plans à air.....	23
II.3. Minimisation des pertes thermiques.....	44
II.4 Influence de la configuration de l'absorbeur sur les performances thermiques d'un capteur solaire à.....	47
II.5. Conclusion.....	49

Chapitre III : Etude expérimentale

III.1. Introduction.....	52
III.2. Dispositif expérimental.....	53
III.2.1. Description du banc d'essai.....	53
III.2.2. Caractéristiques techniques.....	55
III.3. Détermination expérimentale de la surface du capteur.....	59.
III.4. Instrumentation et appareillage utilisé.....	60
III.5. Conclusion.....	63

CHAPITRE IV : Résultats et interprétation

IV.1.Introduction.....	63
IV.2. Résultats et interprétation.....	63
IV.2.1. Rendement thermique.....	63
IV.2.2.Perte de charge	65
IV.2. 3.Variation de la température du fluide caloporteur	66
IV.2.4. Température de sortie	67
IV.2.5: Rayonnement solaire.....	69
IV.6.Comparaison des résultats (le rendement et le parte des charge)	71
IV.6.1.Le rendement thermique.....	71
IV.6.2.le parte des charge.....	72
IV.7.Conclusion.....	73

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les capteurs solaires plans à air, qui sont l'objet de notre étude transforment l'énergie solaire incidente en énergie thermique extraite par l'air en écoulement dans le capteur. Cette énergie est ensuite utilisée dans diverses applications, à savoir ; le chauffage, la réfrigération, le séchage, etc.

L'étude du comportement thermique de notre capteur relativement aux configurations utilisées, est une étude parmi d'autres déjà élaborées dans divers laboratoires de recherche. L'objectif principal de cette étude est de mettre en évidence les paramètres de performances, à noter l'optimisation des échanges convectifs dans le conduit utile du capteur, et la modélisation de ces échanges en fonction de plusieurs variables, notamment les paramètres géométriques.

Il existe plusieurs modèles qui décrivent la variation du rendement thermique en fonction des paramètres physiques, géométriques et optiques, tel que le nombre de Reynolds (débit du fluide caloporteur), nature des matériaux utilisés, du fluide caloporteur et du type des vitrages, ainsi que des dimensions de différentes pièces constitutives.

Plusieurs types de capteurs à air ont été construits et testés. Ils se différencient par leurs configurations, du mode d'écoulement de l'air, du type et du nombre de vitrage utilisés, par la nature de l'absorbeur ainsi que par le mode d'adjonction de tôles minces placées en ligne ou en quinconce entre l'absorbeur et l'isolant « sur l'isolant » (disposition en ligne et en quinconce).

Le but de ce travail est de chercher la meilleure méthode pour augmenter l'échange thermique et une meilleure efficacité thermique par adjonction de chicane dans les vannes d'air mobile.

Nous commençons notre travail dans le premier chapitre avec une généralité sur le gisement solaire dans le monde, et une description d'un capteur solaire plan à air.

Dans le deuxième chapitre, nous intéressons de présenter une synthèse bibliographique sur l'amélioration des performances sur les capteurs solaires plans. Le troisième chapitre est consacré à une étude descriptive du banc d'essai, les configurations des chicanes étudiées, ainsi que de l'appareillage de mesure employé et le dernier chapitre est l'étude comparative entre les modes du capteur solaire plan à air.

CHAPITRE I :

Le

Gisement solaire

I.1 Introduction :

Le solaire thermique est basé sur l'utilisation de la chaleur émise par le soleil. Le rayonnement solaire atteignant une surface donnée dépend directement de l'orientation de celle-ci et de la position du soleil, une bonne prévision de la position du soleil permet de mieux placer les capteurs solaires, sachant que leur productivité est maximale s'ils sont exposés selon une inclinaison et une orientation dépendante de leur site d'implantation. La connaissance de la position du soleil en fonction du temps est donc fondamentale.

I.2. Soleil :

Le soleil est la seule étoile du système solaire et la plus proche de la terre, sa lumière met environ 8mn à nous atteindre. La deuxième étoile la plus proche est Proxima de Centaure située à 4.23 années lumières du soleil mais la grande distance qui nous sépare de cette étoile fait que le soleil soit la seule étoile qui assure la vie sur terre [1],[3]. Sur le plan humain, le soleil a une importance primordiale car il est à l'origine de la vie sur terre, en lui fournissant d'énormes quantités d'énergie, qui permet la présence de l'eau à l'état liquide et la photosynthèse des végétaux .Le rayonnement solaire est aussi responsable du climat et des phénomènes météorologiques [1].

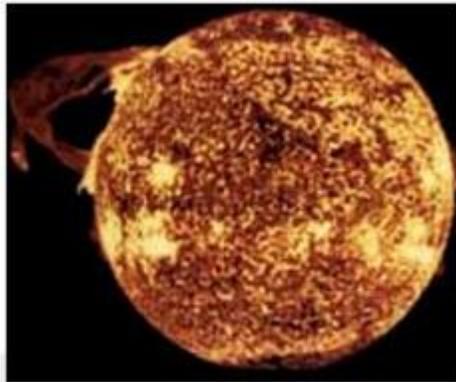


Figure I .1. Le soleil [2]

I.2.1. Présentation générale :

Le Soleil est une étoile ordinaire de type spectral G (de séquence principale) parmi les 200milliards que compte notre Galaxie. Étant proche de nous (8 mn lumière, 150 106 km), il présente un diamètre apparent sur le ciel d'un demi-degré ce qui permet de l'étudier en détails.

Agé de 5 milliards d'années, le Soleil tourne lentement autour du centre galactique en 240 millions d'années. Il est constitué d'une sphère de gaz chauds de diamètre 1400000 km et de masse $2 \cdot 10^{30}$ kg. Il est composé de 90% d'hydrogène et de 10% d'hélium. Tous les autres éléments (métaux) sont présents mais en trace. Le Soleil tourne sur lui même plus vite à l'équateur (26 jours) qu'aux pôles (31 j).

C'est au centre du Soleil que des réactions thermonucléaires de fusion transmutent l'Hydrogène en Hélium en produisant l'énergie et le rayonnement de notre étoile (4 millions de tonnes disparaissent par seconde en énergie selon la loi $E = m C^2$!). Ces réactions sont confinées dans un milieu où la densité est élevée (150 fois celle de l'eau) et la température atteint $15 \cdot 10^6$ K. L'énergie produite traverse lentement le Soleil pour atteindre les couches superficielles et est ensuite émise sous forme de lumière. La surface visible du Soleil (la photosphère, couche épaisse de 300 km seulement) est à une température de 5750 K et émet la lumière blanche naturelle [4].

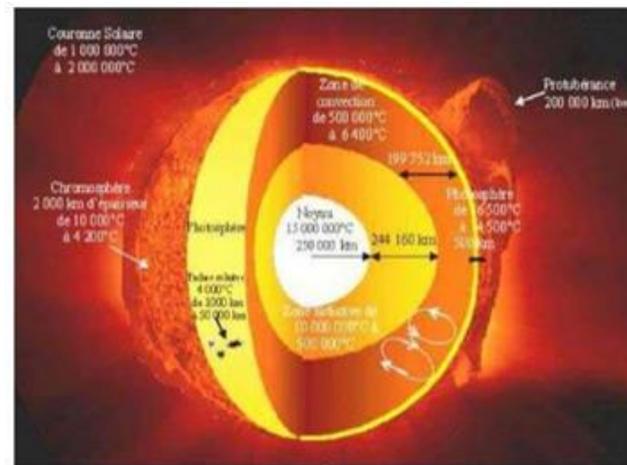


Figure I.2. la structure du soleil [5]

I.2.2. Evolution :

Pendant les cinquante premiers millions d'années de son existence, le soleil s'est contracté jusqu'à atteindre approximativement sa taille actuelle. L'énergie gravitationnelle libérée par ce mouvement a chauffé l'intérieur de l'astre et, lorsque le noyau s'est révélé suffisamment chaud, la contraction a cessé pour laisser place à la réaction de fusion thermonucléaire [6].

La durée de vie du soleil dépend de la quantité d'hydrogène qui reste à consommer, on estime qu'il existe depuis environ 4.5 milliards d'années, et subsistera, tel qu'il est, pendant au moins encore 5 milliards d'années [6].

Lorsque le soleil aura épuisé ses réserves d'hydrogène, il changera de structure. Sa surface externe s'étendra au-delà de l'orbite actuelle de la terre ou il se transformera en une géante rouge,



Figure I .3. Cycle de vie du soleil [6]

Légèrement plus froide en surface qu'actuellement, mais 10 000 fois plus brillante en raison de sa taille gigantesque. Le soleil demeurera une géante rouge, brûlant l'hélium dans son noyau, pendant un demi-milliard d'années seulement, après ce stade, le noyau résiduel du soleil s'effondrera pour former une étoile naine blanche petite de la taille de la terre environ, il se refroidira alors lentement pendant plusieurs milliards d'années [6].

I.3. L'énergie solaire :

I.3.1. Origine:

Les conditions résidantes au cœur du soleil favorisent l'interaction des différents atomes d'hydrogène qui subissent une réaction de fusion thermonucléaire. Le résultat de ce processus, lorsqu'il se répète est la fusion de quatre noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium avec émission d'énergie sous forme de rayonnements gamma et X.

Chaque seconde, 564 millions de tonnes d'hydrogène se transforment en 560 millions de tonnes d'hélium, cette différence de 4 millions de tonnes par seconde correspond à la différence d'énergie de liaison entre les protons d'hydrogène et ceux d'hélium donnant une énergie sous forme de rayonnement, estimée à $3.7.10^{26}$ j/s.

I.3.2. Caractères particuliers :

I.3.2.1. L'énergie solaire est la seule source d'énergie externe de la terre, elle présente les propriétés suivantes [7]:

- Elle est universelle, sa densité de puissance maximale est de 1kW/m^2 à midi par ciel bleu sur toute la planète.
- La densité de puissance maximale reçue au niveau du sol (1 kW/m^2) est peu dense on parle alors d'énergie diffuse.
- Elle est abondante, notre planète reçoit plus de 10^4 fois l'énergie que l'humanité consomme.
- Elle est intermittente et variable à cause de l'alternance du jour et de la nuit, des variations saisonnières et quotidiennes de l'ensoleillement.
- L'énergie reçue par une surface donnée n'est pas récupérable en totalité ceci est dû aux pertes d'énergie sous formes conductrice, convective ou rayonnante.
- Elle est propre.

I.3.3. Captation :

Il existe différentes techniques pour capter une partie de cette énergie à savoir

- **L'énergie solaire thermique :**

Le thermique solaire est un procédé de transformation de l'énergie solaire en une forme thermique, qu'on peut utiliser :

- En usage direct de la chaleur : chauffe-eau solaire, chauffage solaire, cuisinière et séchoir solaire.
- En usage indirect où la chaleur sert pour un autre usage : centrales solaires thermodynamiques, froid solaire.

- **L'énergie solaire thermodynamique :**

La solaire thermodynamique utilise le solaire thermique pour produire de l'électricité selon le même principe qu'une centrale électrique classique mais en utilisant des centrales hélios thermoélectriques [7], [8].

Trois types principaux de centrales sont utilisés [7]:

- Les centrales à capteurs cylindra-paraboliques pour atteindre des températures entre 300 et 350 °C.
- Les centrales à capteurs paraboliques pour atteindre des températures de 1000°C ou plus.
- Les centrales à tour pour atteindre 1000 °C.

- **L'énergie solaire photovoltaïque :**

Elle permet de produire de l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque [7].

Les photopiles utilisent l'effet photovoltaïque, elles sont formées d'une couche d'un matériau semi-conducteur et d'une jonction semi-conductrice. Le silicium est le PI cependant, l'arséniure de gallium offre des meilleures performances, mais reste beaucoup plus onéreux [7].

I.4. Le mouvement Terre-Soleil :

La trajectoire de la terre autour du soleil est une ellipse dont le soleil est l'un des foyers. Le plan de cette ellipse est appelé l'écliptique.

L'excentricité de cette ellipse est faible ce qui fait que la distance Terre/ Soleil ne varie que de $\pm 1,7\%$ par rapport à la distance moyenne qui est de $149\,675\,10^6$ km.

La Terre tourne également sur elle-même autour d'un axe appelé l'axe des pôles. Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles et passant par le centre de la Terre est appelé l'équateur. L'axe des pôles n'est pas perpendiculaire à l'écliptique : l'équateur et l'écliptique font entre eux un angle appelé inclinaison et qui vaut $23^{\circ}27'$ [9].

Les mouvements de la Terre autour de son axe et autour du Soleil sont schématisés sur la figure (I.4).

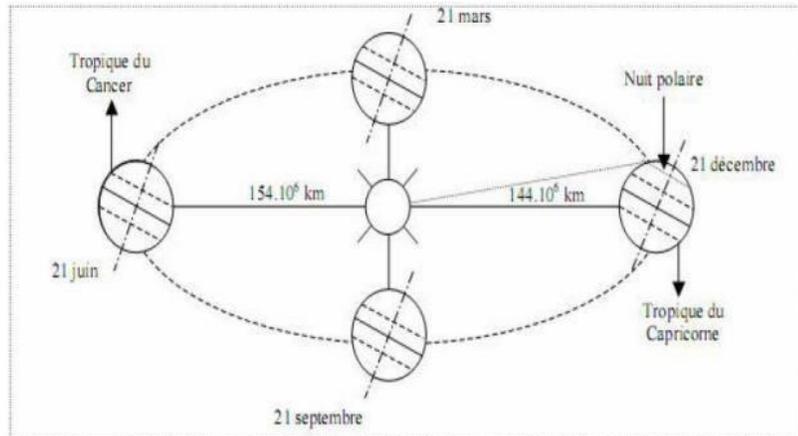


Figure I.4. La course de la Terre autour du Sole [9].

I.4.1. Le mouvement apparent du Soleil :

Pour bien comprendre et utiliser l'influence du Soleil dans le choix et le traitement d'un site, il faut bien sûr connaître à tout instant la position du Soleil dans le ciel. Cette information est indispensable pour le calcul des apports solaires, pour le choix de l'exposition d'un immeuble, l'implantation de systèmes actifs solaires (thermique ou photovoltaïque), l'aménagement des parties extérieures voisines, l'éclairage naturel des pièces intérieures, l'emplacement des fenêtres, des protections solaires et de la végétation, etc.

À un instant donné, la hauteur et l'azimut du Soleil déterminent la position du Soleil dans le ciel. Ainsi est connue la direction du rayonnement solaire et peuvent être calculées les surfaces ensoleillées du bâtiment. Ces calculs tiendront compte des effets d'ombrage dus au relief, au cadre bâti, à la végétation ou au bâtiment lu

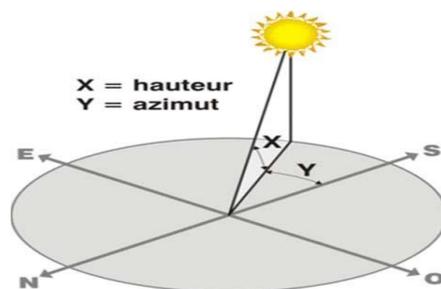


Figure I.6. La hauteur et l'azimut [10]

En un lieu :

- La hauteur " " du Soleil est l'angle que fait la direction du Soleil avec le plan horizontal. Elle se compte de 0° à 90° à partir de l'horizon vers la voûte céleste.
- L'azimut " " du Soleil est l'angle créé entre le plan vertical passant à la fois par le Soleil et par le lieu considéré, et le plan vertical N-S. Cet angle vaut 0° au sud et est conventionnellement positif vers l'ouest et négatif vers l'est [10].

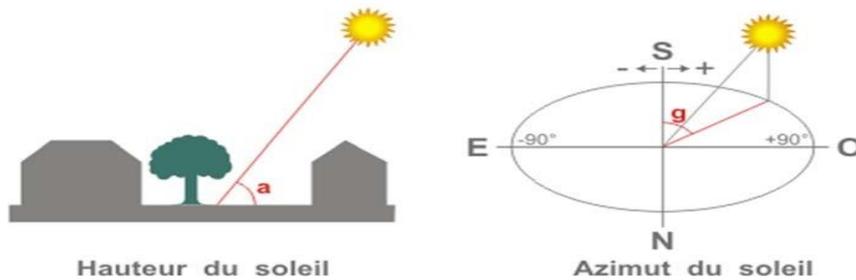


Figure I .7. La hauteur et l'azimut [10].

Pour plus de clarté, on représente généralement la course solaire par un diagramme en coordonnées rectangulaires.

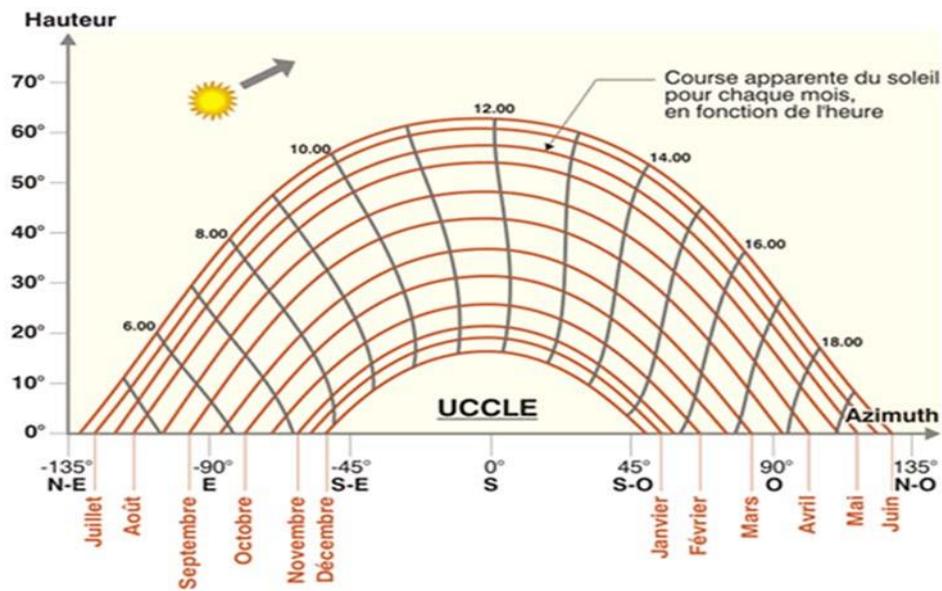


Figure I .8. Diagramme solaire cylindrique pour Uccle en temps universel [10].

Pour en savoir plus sur la construction d'un diagramme solaire : LIENS (dernier point). En regardant plus précisément, la valeur de l'azimut à différents moments de l'année, on constate que l'expression "le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest" n'est pas exacte. En effet, en décembre, il se lève au sud-est pour se coucher au sud-ouest, tandis qu'en juin, il se lève pratiquement au nord-est pour se coucher au nord-ouest. Ceci donne 7 heures d'ensoleillement maximum en décembre et plus de 16 heures en juin : ce sont les deux époques des solstices de l'année. Ce n'est qu'aux équinoxes de printemps et d'automne que la durée du jour est égale à celle de la nuit. [10].

I.5. Calcul de la position du soleil :

I.5.1 Paramètres de position :

I.5.1.1 Coordonnées terrestres :

Tous les points sur la surface de la terre peuvent être repérés par deux coordonnées, appelées coordonnées terrestres, à savoir : la latitude φ et la longitude L [11].

I.5.1.1.1. Longitude L (ou λ) :

C'est l'angle entre le méridien du lieu et la méridienne origine des longitudes (Greenwich en Angleterre), positive à l'Est et négative à l'Ouest.

Il y a 23 méridiens séparés donc de 15° donnant naissance aux 24 fuseaux horaires.

I.5.1.1.2. Latitude (φ) :

Elle permet de repérer la distance angulaire d'un point quelconque par rapport à l'équateur. Elle varie de 0° à l'équateur à 90° au pôle Nord.

I.5.1.1.3 L'altitude (z):

L'altitude d'un point correspond à la distance verticale entre ce point et une surface de référence théorique (niveau moyen de la mer).

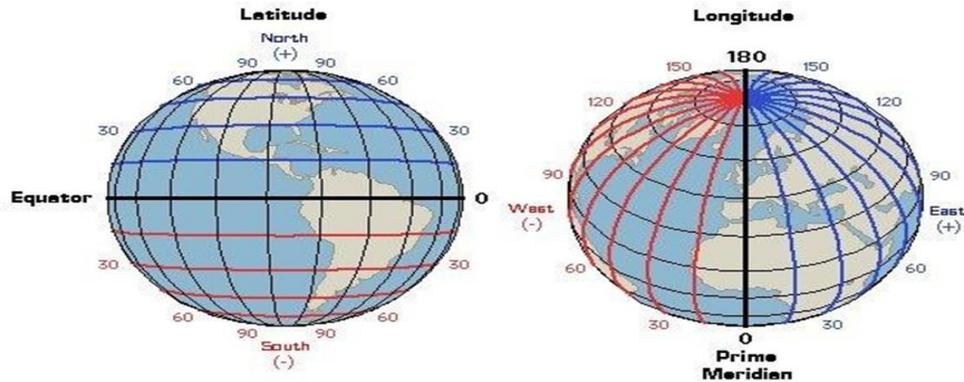


Figure I.9. Longitudes et latitudes sur le globe [13].

I.5.1.2. Coordonnées équatoriales :

I.5.1.2.1 La déclinaison (δ) :

La déclinaison solaire δ est l'angle formé par la direction du soleil et le plan équatorial terrestre. Cet angle varie en fonction des saisons de $-23,45^\circ$ à $+23,45^\circ$.

Equinoxe de printemps : 21 Mars $\delta = 0^\circ$

Solstice d'été : 22 Juin $\delta = +23,45^\circ$

Equinoxe d'automne : 23 Septembre $\delta = 0^\circ$

Solstice d'hiver : 22 Décembre $\delta = -23,45^\circ$

Entre ces 4 points remarquables, δ prend toutes les valeurs intermédiaires qui peuvent se calculer par les relations [12] :

$$\delta = 23,45 \sin\left[\frac{360}{365} (284 + n)\right] \quad (\text{I.1})$$

Ou bien

$$\delta = 23,45 \sin\left[\frac{360}{365} (n - 81)\right] \quad (\text{I.2})$$

n : numéro du jour de l'année compté à partir du 1^{er} janvier.

La variation de la déclinaison du soleil au cours de l'année est représentée par la figure (I-10) [15].

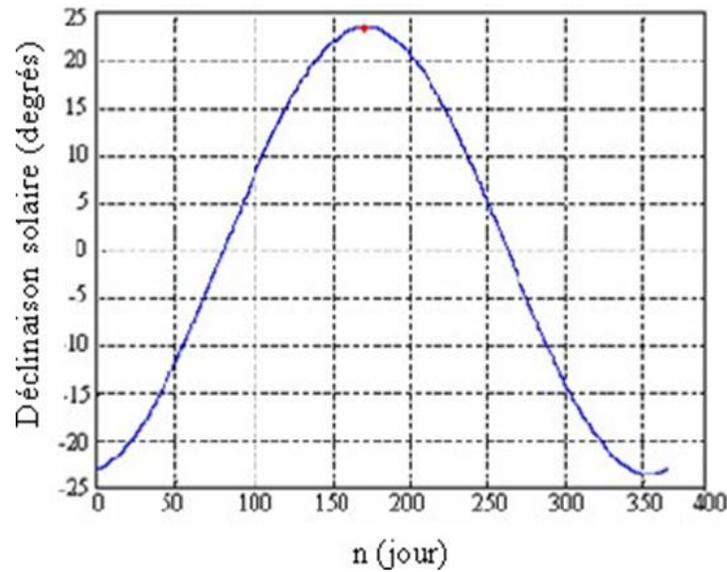


Figure I.10. Déclinaison du soleil en fonction du numéro du jour de l'année n.

I.5.1.2.2. L'angle horaire ω (ou AH) :

C'est l'angle formé par le plan du méridien céleste et la trajectoire de la direction Terre/Soleil sur le plan de l'équateur céleste, ou encore c'est le déplacement angulaire du soleil autour de l'axe polaire dans sa course d'Est en Ouest par rapport au méridien local. Il est nul à midi solaire, négatif le matin et positif l'après midi. Il est donné par [11] :

$$\omega = 15 * (TSV - 12) \quad (\text{I.3})$$

ω : en degrés.

TSV : temps solaire vrai en heures.

Un angle horaire de 15° est donc l'équivalent d'une heure en TSV.

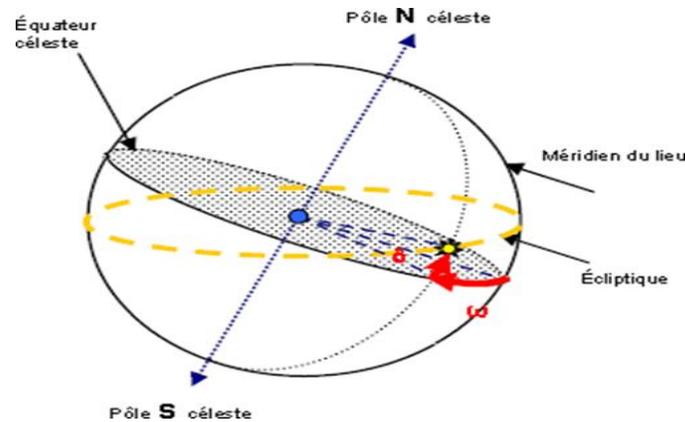


Figure I.11. Système de coordonnées horaires [13].

I.5.1. 3.Coordonnées horizontales :

La position d'un astre dans l'espace peut être repérée par ses coordonnées horizontales définies dans la sphère céleste. La sphère céleste est la sphère ayant pour centre la Terre et pour rayon la distance entre la Terre et l'astre étudié (le Soleil dans notre cas).

Ces coordonnées dépendent du lieu d'observation. Elles sont aussi appelées coordonnées locales [11].

I.5.1. 3.1.La Hauteur angulaire (h) :

La hauteur angulaire ou encore hauteur du soleil est l'angle formé par le plan horizontal du lieu d'observation et la direction de l'astre . Il est donné par la relation trigonométrique [12]:

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (I.4)$$

I.5.1. 3.2.L'Azimut (a)

C'est l'angle compris entre le méridien du lieu et le plan vertical passant par le soleil. Il est compté positivement vers l'Ouest.

L'azimut est relié à l'angle horaire, la hauteur, la déclinaison par la relation [12]:

$$\sin a = \sin \omega \cos \delta / \cos h \quad (I.5)$$

Et si l'on souhaite exprimer l'azimut indépendamment de la hauteur h, on peut utiliser la formule:

$$\tan a = \sin \omega / (\sin \varphi \cos \omega - \cos \varphi \tan \delta) \quad (\text{I.6})$$

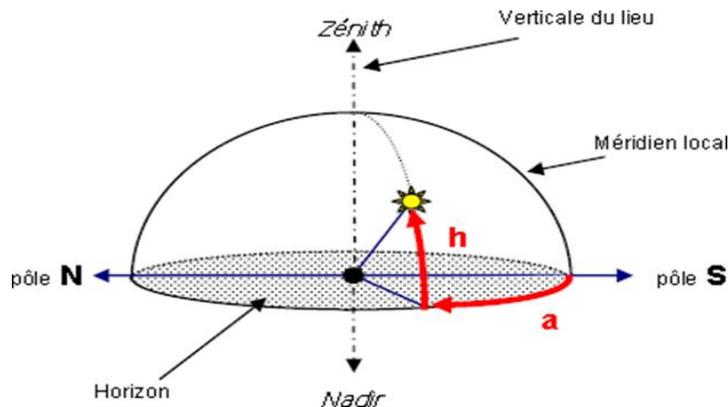


Figure. I.12. Hauteur et azimut pour un observateur dans l'hémisphère Nord [13].

I.6. Paramètre de temps solaire :

Détermination du temps solaire :

L'heure solaire est l'heure basée sur le mouvement du soleil dans le ciel. Le midi solaire correspond au moment où le soleil est le plus haut dans le ciel, ce moment est généralement décalé par rapport au midi de l'heure légale. [16]

I.6.1. Temps civil :

C'est le temps moyen avec comme origine minuit.

I.6.2. Temps universel (TU) :

C'est le temps civil moyen du méridien de Greenwich (méridien origine) appelé encore GMT (Greenwich Mean Time) pour un lieu situé à la longitude « L » :

$$TU = TSM - (L/15) \quad (\text{I.1})$$

TSM : Temps Solaire Moyen (voir ci-après)

I.6.3. Temps légal :

C'est l'heure liée au « TU » par une différence fixe exprimée en un nombre entier d'heure qui dépend de la longitude et des coutumes de chaque pays.

I.6.4 L'angle horaire: « w » :

L'angle « w » étant l'angle formé par le plan méridien passant par le centre du soleil et le plan vertical du lieu (méridien) il définit le vrai temps solaire. [17]

$$w=15(T_{SV}-12) \quad (\text{I.2})$$

Il est midi TSV si $w=0$ [lorsque le soleil passe au plan méridien du lieu]

$$w=90^\circ \text{ à } 18 \text{ h (TSV)} \quad w=-90^\circ \text{ à } 06 \text{ h (TSV)}$$

La valeur de l'angle horaire est nulle au midi solaire, négative le matin, positive en après midi et augmente de 15° par heure (un tour de 360° en 24 heures). 1 heure de temps= 15° en angle horaire.

I.6.5 Le temps solaire moyen (TSM) :

Appelé par fois temps local [16]

$$Et=T_{sv}-T_{sm} \quad (\text{I.3})$$

Et : Équation du temps (min) Elle est donnée par la relation

$$Et = 9.87\sin(2n) - 7.53\cos(n) - 1.5\sin(n) \quad n=360/365(nj-81)$$

n j : numéro du jour dans l'année.

I.7 Constante solaire :

La valeur du rayonnement solaire " C I ", reçu par une surface perpendiculaire aux rayons solaires placée à la limite supérieure de l'atmosphère terrestre (soit à environ 80 Km d'altitude) varie au cours de l'année avec la distance Terre/Soleil. Sa valeur moyenne "I₀" appelée constante solaire est de l'ordre de 1354 W.m⁻². En première approximation, on peut calculer la valeur de " C I " en

Fonction du numéro du jour de l'année "nj" par la relation suivante [3] :

$$I_c = I_0 [1 + 0,33 \cdot \cos(0,984 \cdot nj)]$$

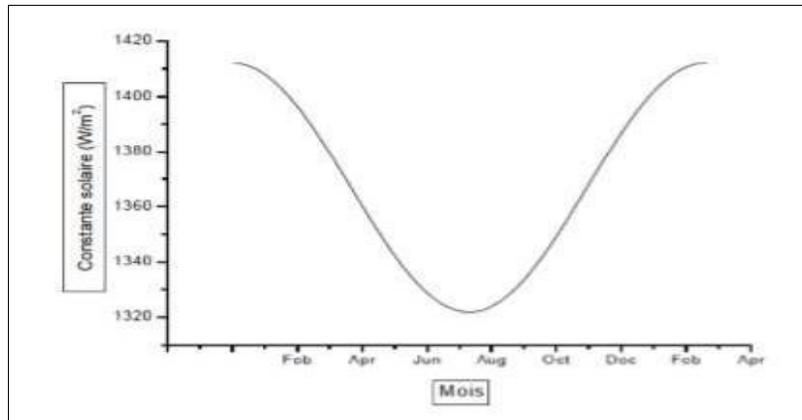


Figure I.13 : Variation mensuelle de la constante solaire

I.8. L'Albédo « ρ » :

C'est la fraction de l'énergie incidente diffusée par un corps lumineux, ainsi pour un corps noir parfait, l'albédo est nul. L'albédo du sol est le coefficient de réflexion de lumière diffuse du sol. [7]

I.9. Le rayonnement solaire :

Les réactions thermonucléaires produites au cœur du soleil génèrent des rayonnements corpusculaire se électromagnétiques se propageant dans toutes les directions du vide inter sidéral avec une vitesse

de 3.10^8 m/s et couvrant toutes les longueurs d'ondes depuis les rayons X et gamma jusqu'à R lointain. Ce pendant 99.9% de l'énergie situe entre 0.2 et $8\mu\text{m}$ [7].

On pourrasupposeravecuneapproximationacceptablequelesoleilrayonnecomme un corps noir porté à une température de 5762°K dite température apparente du soleil n correspondant pas à la réalité physique [8]

La répartition de l'énergie solaire dans les bandes du spectre du rayonnement thermique est donnée dans le tableau I.1 :

<i>Longueur d'onde (μm)</i>	0-0.38	0.38-0.78	0.78
<i>Pourcentage (%)</i>	6.4	48	45.6
<i>Energie (W/m2)</i>	87	656	623

Tableau I.1 Répartition spectrale du rayonnement thermique [6]

La figure.4.illustre le rayonnement solaire, ses fréquences et ses longueurs d'ondes.

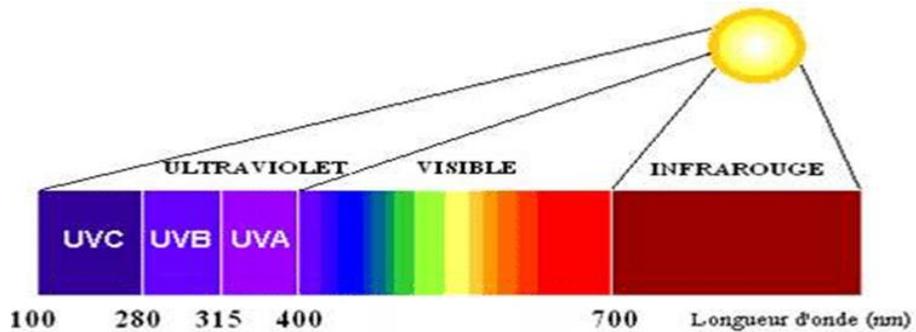


Figure I.14.Spectre solaire. [7]

I.9.1 L'irradiation ou rayonnement solaire au sol :

C'est l'énergie reçue pendant une certaine durée. On distingue plusieurs composantes qui sont principalement :

I.9.1.1. Le rayonnement direct (I) :

C'est le rayonnement qui traverse l'atmosphère sans subir de modifications, il est reçu directement du soleil, sans diffusion par l'atmosphère, ses rayons sont parallèles entre eux.

I.9.1.2. Le rayonnement diffus (D) :

C'est la part du rayonnement solaire diffusé par les particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère (air, nébulosité, aérosols,...). Il n'a pas de direction privilégiée.

I.9.1.3. Le rayonnement global (G) :

C'est la somme des rayonnements direct et diffus [21].

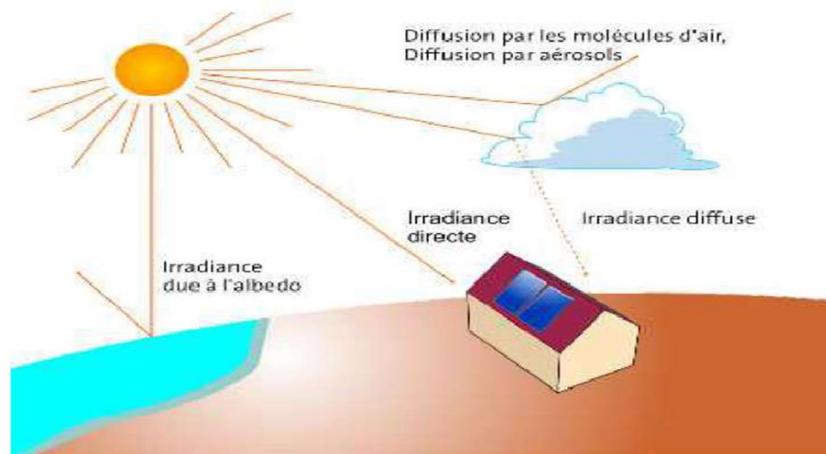


Figure I.15. Composantes du rayonnement solaire au niveau du sol [22].

I.10. Le gisement solaire en Algérie :

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour simuler le fonctionnement d'un système énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la

demande à satisfaire [23]. De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un gisement solaire énorme comme le montre la Fig. 1.16

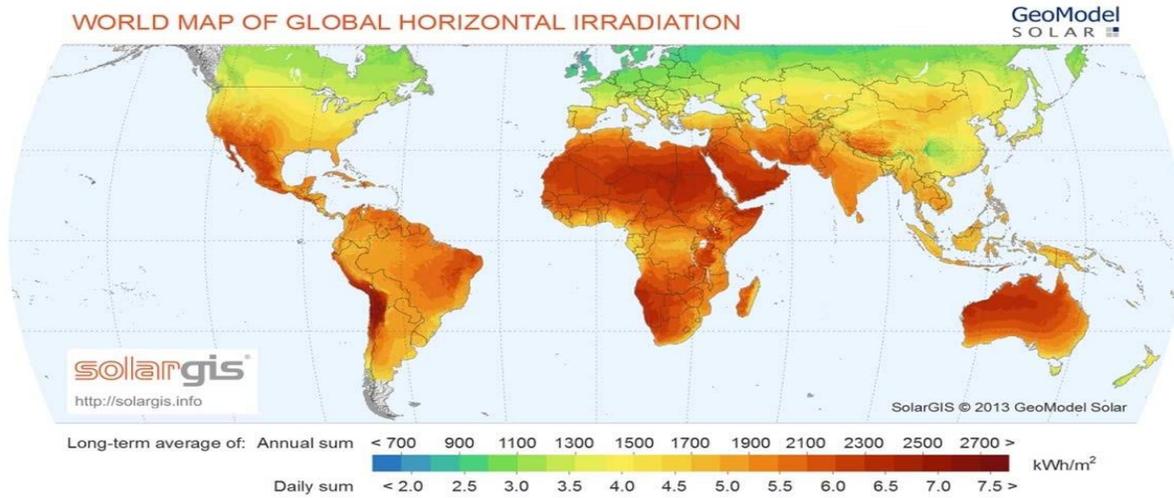


Figure I.16. Carte du monde de l'enseillent moyen annuel [23].

Suite à une évaluation par satellites, l'Agence Spatiale Allemande (ASA) a conclu, que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit 169.000 TWh/an pour le solaire thermique, 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque. Le potentiel solaire algérien est l'équivalent de 10 grands gisements de gaz naturel qui auraient été découverts à Hassi R'Mel. La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est représentée le tableau I.2 selon l'enseilllement reçu annuellement

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moy. d'enseilllement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m2/an)	1700	1900	26500

Tableau I .2 Enseilllement reçu en Algérie par régions climatiques [17]

Régions côtières Hauts plateaux Sahara

Superficie (%) 4 10 86

Durée moyen. D'enseilllement (h/an) 2650 3000 3500

Énergie moyenne reçue (kWh/m2/an) 1700 1900 26500

La durée d'insolation dans le Sahara algérien est de l'ordre de 3500h/an est la plus importante au monde, elle est toujours supérieure à 8h/j et peut arriver jusqu'à 12h/j pendant l'été à l'exception de l'extrême sud où elle baisse jusqu'à 6h/j en période estivale. La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de toute l'Algérie [24].

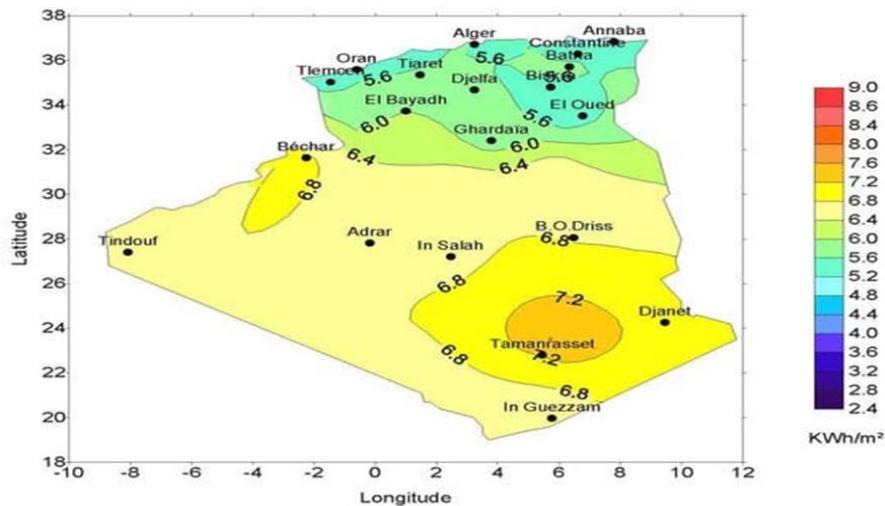


Figure I.17. Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu [24].

I.11. Capteurs solaires à air :

I.11.1 Principe :

Le rôle d'un capteur solaire thermique est de transformer le rayonnement solaire qu'il reçoit en énergie calorifique utilisable, le plus souvent par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur (eau, air, huile, sel fondu ...). Le schéma de principe de fonctionnement d'un capteur solaire plan est donné sur la figure 1.18.

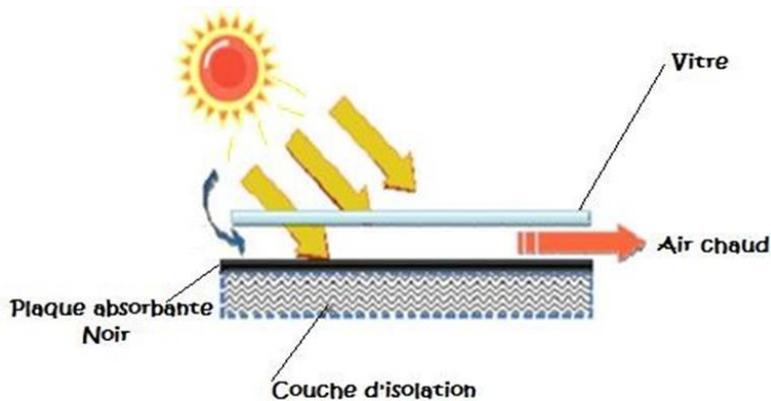


Figure I .18: Capteur solaire plan à air[25].

La paroi absorbante s'échauffe sous l'effet de l'absorption du rayonnement solaire incident. Le fluide qui circule sous (sur) cette paroi récupère par convection et rayonnement, une partie de cette énergie absorbée et subit une élévation de température $\Delta T = T_{fs} - T_{fe}$ à la traversée du capteur.[25]

I.11.2 Applications des capteurs solaires plans à air :

Plusieurs applications de l'énergie solaire captée par des capteurs solaires plans à air sont utilisées. Parmi les plus répandues, le chauffage, la climatisation, le séchage .

a . Chauffages et climatisation des habitations :

Le principe est présenté sur la (figure 1.19), consiste à chauffer le fluide dans le capteur solaire, l'air est véhiculé par ventilateur vers des points d'utilisations.

- 1- Capteur solaire plan à air
- 2- Filtre
- 3- Ventilateur
- 4- Entrées d'air
- 5- Sorties d'air

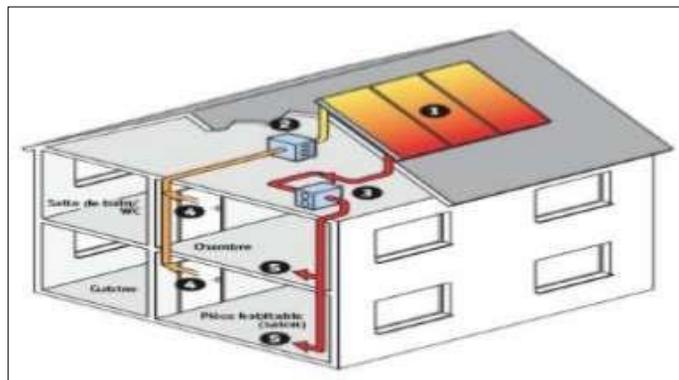


Figure I.19: Chauffage est climatisation habitations [26].

Le système de capteur solaire à air Il s'intègre dans l'habitat de façon modulaire et complète les systèmes de chauffage existants. Il permet de réaliser des économies substantielles d'énergie et d'améliorer le bilan thermique des bâtiments sur la période hivernale et en mi-saison en apportant une source complémentaire de chauffage. Une régulation fait circuler l'air des locaux à travers le panneau dès que la température interne du panneau permet d'obtenir un gain significatif .

b.Séchage :

Les capteurs solaires à air sont utilisés pour le séchage des récoltes du thé, du café, des fruits, des fèves, du riz, des épices, du caoutchouc, du cacao et du bois [27].

1- capteur 2- Air chaud 3- Grain a secher

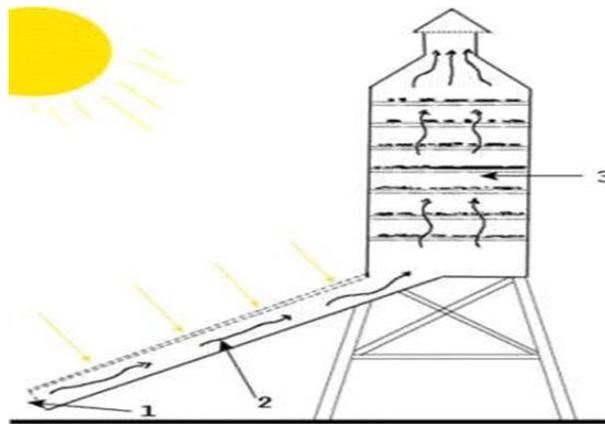


Figure I.20.séchage solaire [28]

I.11.3. Différents types des capteurs solaires plans à air :

Un certain nombre de détails différencient les capteurs les uns des autres, principalement, la structure, la surface des absorbeurs, les circuits hydrauliques et la perte de charge, le vitrage [14]

On distingue trois grandes catégories de capteurs plans à air :

1-capteurs à absorbeur plan.

2-capteurs à absorbeur perméable.

3-capteurs à absorbeur à géométrie variable.

a. Capteurs à absorbeur plan :

L'absorbeur est une plaque en tôle plane, leur variété réside dans le nombre des veines d'écoulement d'air [29] .

On distingue quatre types des capteurs selon leurs modes d'écoulement :

- Type 1 avec écoulement d'air au-dessus de l'absorbeur.
- Type 2 avec écoulement en dessous l'absorbeur.
- Type 3 avec l'écoulement des deux côtés de l'absorbeur de même sens.
- Type 4 avec l'écoulement des deux côtés de l'absorbeur au sens contraire.

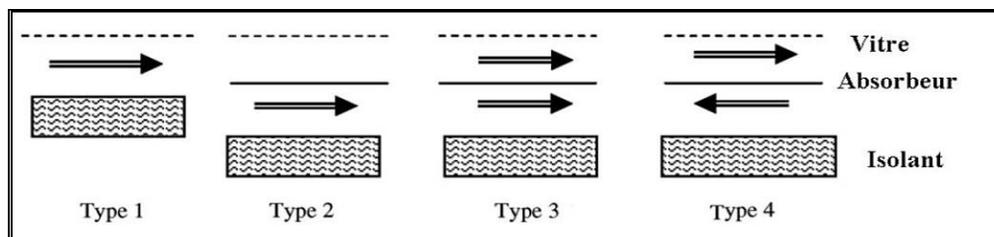


Figure I.21. Les types génériques principaux d'écoulements [29]

b. Capteurs à absorbeur perméable :

L'amélioration du rapport surface d'échange sur projection de la surface d'absorbeur consiste à utiliser un absorbeur poreux.

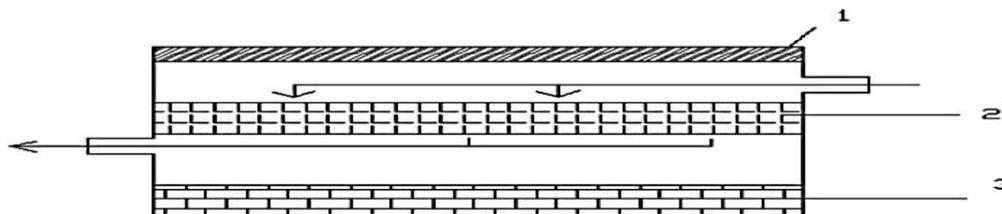


Figure I.22. Capteurs à absorbeur perméable [30]

1-vitre. 2-absorbeur poreux. 3-isolant

On peut utiliser à cet effet du tissu noir, de la fibre de verre noircie, des écrans rainurés et étirés, de la laine d'acier ou des assemblages de lamelles [30].

C. Capteurs à absorbeur à géométrie variable :

Si l'on veut utiliser le vitrage comme une garde pour réduire les pertes de chaleur il faut que le transfert de chaleur ait lieu entre le dos de l'absorbeur et l'air. L'absorbeur constitue alors la paroi frontale du canal d'air et le revêtement intérieur de l'isolation constitue le fond du canal. On peut augmenter la surface d'échange de chaleur soit en donnant un pouvoir émissif élevé au dos de l'absorbeur et à la face interne de l'isolation, soit en donnant à l'absorbeur une surface striée ou rainurée. Les formes les plus utilisées sont les su

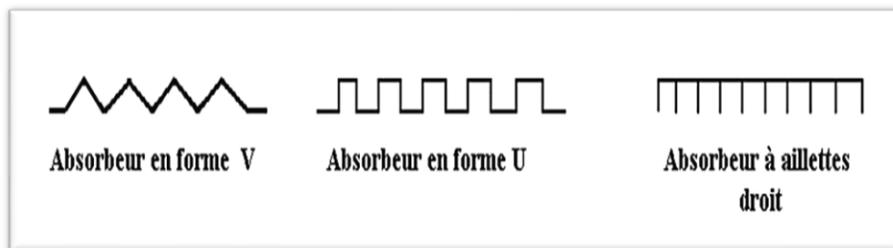


Figure I.23. différents type d'absorbeur [31].

I.12. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons discuté de la position astronomique du soleil et de tout ce qui concerne sa structure interne, nous avons également étudié la relation entre la terre.

Où nous avons également fourni une explication du futur solaire de l'air plat qui sera étudiée dans le prochain chapitre.

CHAPITRE II :

Etude bibliographique

II.1. Introduction

Un capteur solaire thermique (ou capteur héliothermique ou collecteur solaire) est un dispositif utilisé pour recueillir l'énergie solaire transmise par rayonnement et la communiquer à un fluide caloporteur (gaz ou liquide) sous forme de chaleur, Cette énergie calorifique peut ensuite être utilisée pour le chauffage de bâtiments, pour la production d'eau chaude sanitaire ou encore dans divers procédés industriels.

Le rendement d'un capteur solaire, conçu pour convertir l'énergie solaire en énergie thermique dépend de sa forme, de la technique choisie et de la façon dont on réduit les pertes de chaleur à la surface de celui-ci. Il existe une gamme étendue de capteurs solaires à air avec différentes dispositions de l'absorbeur.

II.2. Amélioration des performances des capteurs solaires plans à air :

Dans le but de favoriser le transfert thermique entre l'absorbeur et le fluide de travail dans un capteur à air, **A. Ahmed-Zaïd, A. Moulla, M. S. Hantala et J.Y. Desmons** [32] présentent une comparaison entre les résultats obtenus dans les cas du capteur solaire muni d'obstacles et du capteur sans obstacles (SC).

Les différentes formes étudiées, à la fois simples et intéressantes, concernant, les chicanes Delta Cintrées Longitudinalement (DCL), ogivales Cintrées Longitudinalement (OCL) et Transversales-Longitudinales (TL).

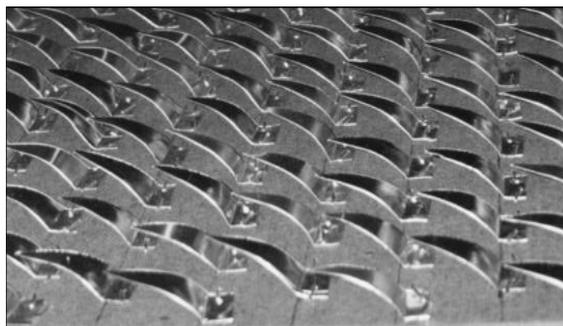


Figure II.1: Disposition des obstacles DCL [32].

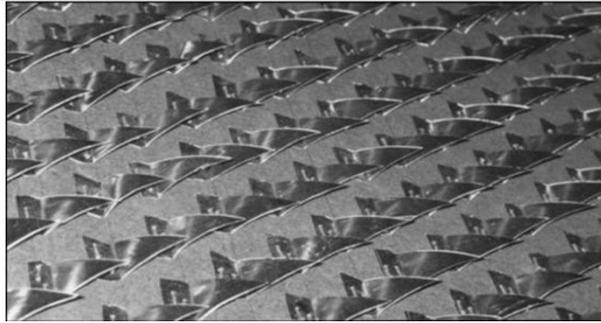


Figure II.2: Disposition des obstacles OCL

Dans cette étude expérimentale, par la simulation de l'énergie solaire, ils ont cherché à améliorer le couple Rendement-Ecart de température du capteur en introduisant des chicanes (obstacles) lesquelles sont déposées dans la veine dynamique du capteur. Les transferts thermiques, la température de sortie et le rendement du capteur sont nettement améliorés. Une application des meilleurs systèmes est présentée pour sécher l'oignon jaune et le hareng dans des temps intéressants [32].

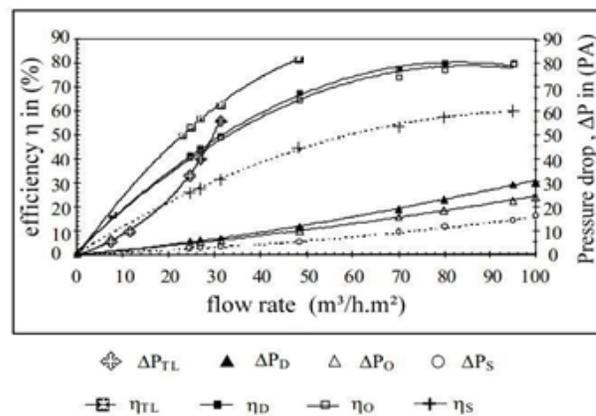


Figure II.3: Variation du rendement (η) et des pertes de charge (DP) en fonction du débit Q_v , capteur SC, Capteur muni de DCL, OCL puis TL

Leurs résultats expérimentaux ont montré que les chicanes (TL) présentent un rendement meilleur par rapport aux chicanes (DCL), (OCL).

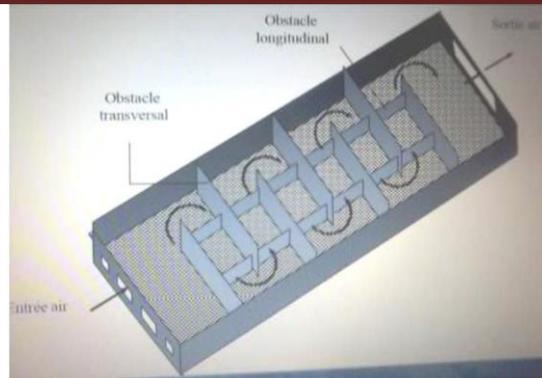


Figure II .4: Capteur muni d'obstacles TL [32].

F. Chabane [33] présenté une étude du transfert de chaleur dans un chauffe-air solaire en utilisant un nouveau design de capteur solaire. L'efficacité du capteur dans un seul passage sans et avec l'utilisation des chicane attachées sous la plaque absorbante a été étudiée expérimentalement. En raison de l'ajout des chicane à l'intérieur d'une plaque absorbante, l'effet souhaitable d'augmenter le coefficient de transfert thermique compense l'effet indésirable de diminuer la force motrice (différence de température) du transfert thermique, tandis que les chicane attachées fournissent une zone de transfert de chaleur élargie. Dans leur étude, la plaque absorbante du capteur solaire est fixée avec des ailettes pour améliorer encore les performances. Les améliorations de l'efficacité des collecteurs dans les réchauffeurs d'air solaire mono-passe avec et sans ailettes attachées, augmenter avec l'augmentation du débit massique, en particulier pour fonctionner à un débit d'air inférieur.

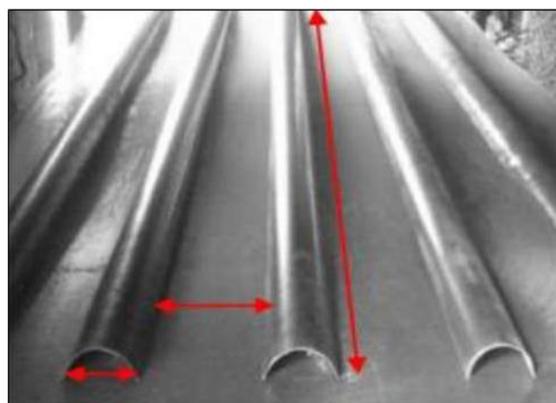


Figure II .5 : Disposition des chicane et géométrie de passage d'air [33].

Des expériences ont été réalisées pour deux débits massiques d'air de 0.012 kg/s et 0.016 Kg/s. De plus, l'efficacité maximale obtenue pour les 0.012 kg/s et 0.016 kg/s avec et sans ailettes était respectivement de 40.02%, 51.50% et 34.92%, 43.94%. Une comparaison des résultats des débits massiques par capteur solaire avec et sans ailettes montre une amélioration substantielle du rendement thermique.

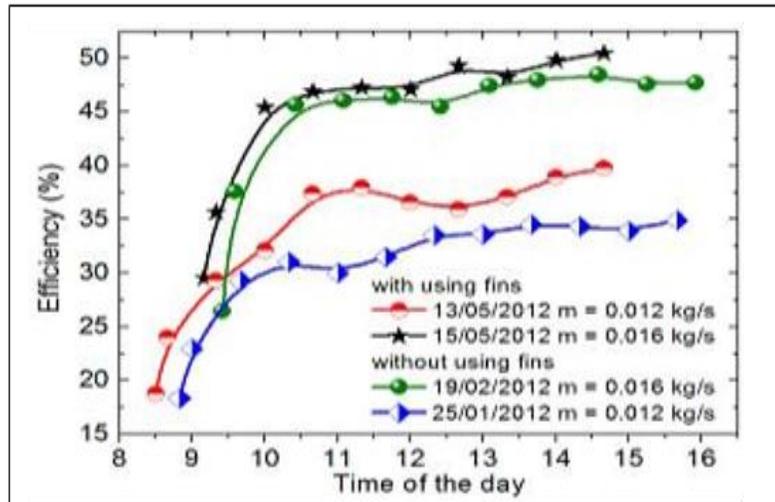


Figure II.6 : Effet du flux d'air sur l'efficacité journalière du capteur, avec et sans utilisation d'ailettes pour les mois de janvier, février et mai [33].

Oubiri Nour El Islam [34] a été utilisé les cinq modes des chicanes, le premier mode a (18 chicanes), où la distribution des chicanes varie entre deux chicanes voisiné par la distance (10 cm) (mode 1), et après nous avons utilisé 4 positions différentes de positionnement des chicanes, (mode 2) nous avons mis 14 chicanes tout au long du complexe thermique solaire et après chaque quatre chicanes nous avons enlevé une chicane, (mode 3) nous avons mis 10 chicanes et l'espace devient 2 chicanes et un espace par rapport aux 3 chicanes (30 cm), (mode 4) nous avons également utilisé 4 chicanes et réduit 4 d'autres chicanes pour en faire 4 chicanes, (mode 5) dans la dernière position nous avons utilisé 3 chicanes, et chaque position s'étale essentiellement sur 3 jours de 8h00 à 16h00 h, le premier jour nous avons utilisé un débit de 0.014 kg/s, le deuxième jour, nous avons utilisé un débit moyen de 0.023 kg/s, et pour le troisième jour nous avons utilisé un débit élevé plus de 0.036 kg/s.



Figure II.7: Différents types des modes étudiés [34].

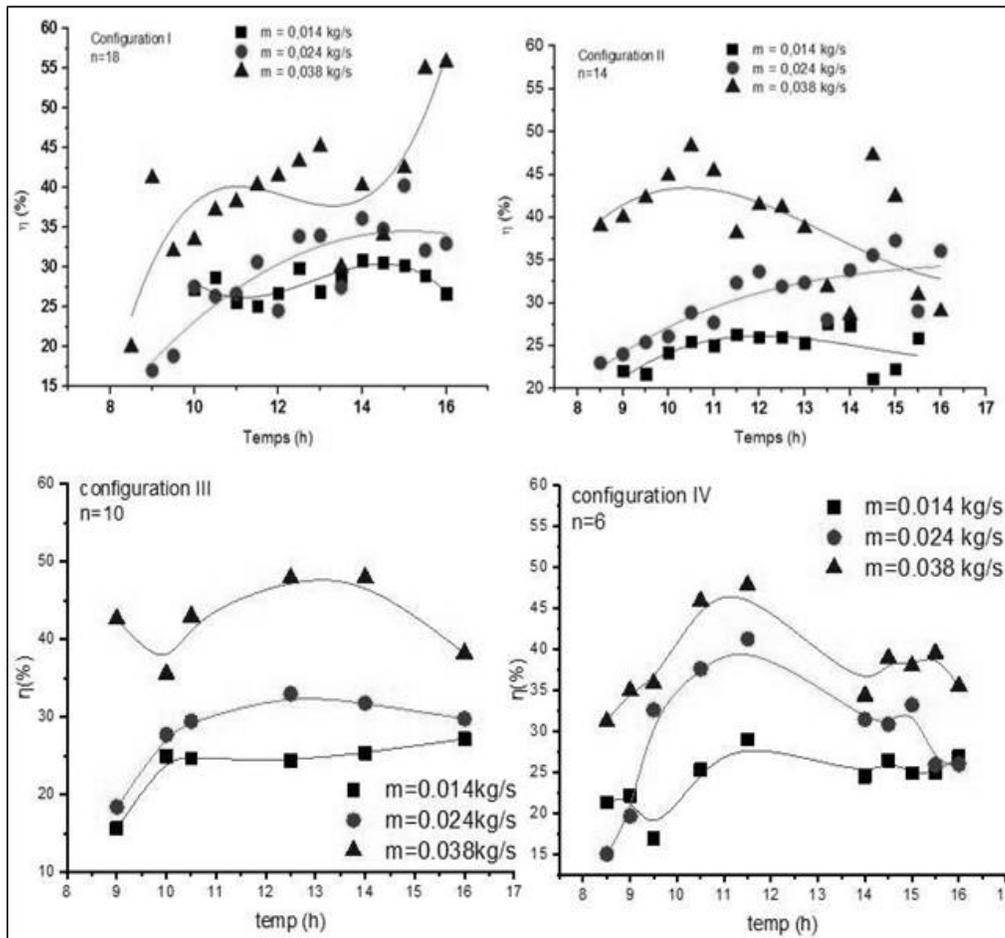


Figure II.8 : Evolution du rendement thermique pour différent débit massique. [34]

Mohammadi et al. [35] Dans cette partie, la comparaison a été faite avec les travaux réalisés par Mohammadi et al.[34] pour un capteur solaire plan à air avec des ailettes et des chicane fixés sur la plaque absorbante. La Figure (II.9) représente la variation du rendement en fonction de débit massique pour un gisement solaire fixé ($I_g=1100 \text{ W/m}^2$). Une très bonne concordance a été obtenue entre les résultats du présent travail et celui de Mohammadi et al. [35].

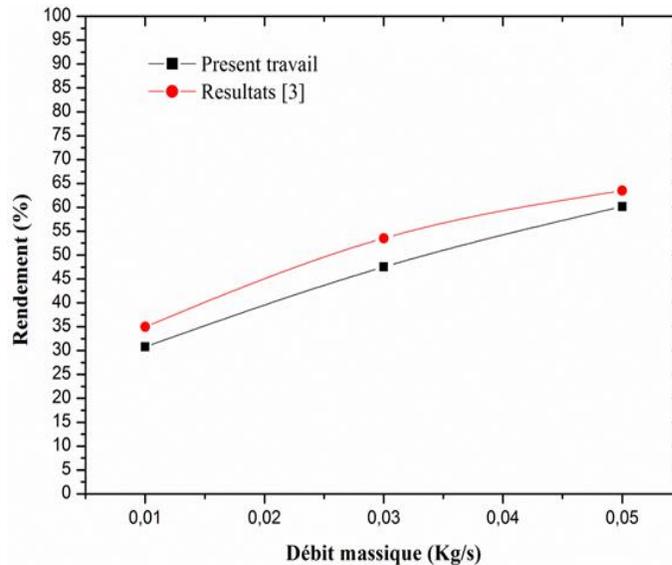


Figure II .9 : Variation du rendement thermique en fonction de débit massique pour une valeur fixe du rayonnement solaire ($I_g=1100 \text{ W/m}^2$) [35].

Djaber Kherroubi[36] a réalisé des expériences en testant un capteur solaire pour 5 configurations différentes, la (Figure II.10), pour la première configuration, il a utilisé toutes les chicanes (18chicanes), alors que la distribution des chicanes varie entre 2 chicanes voisines par la distance, y a une distance égale à 10cm (mode 1).

Pour la deuxième configuration il a mis 14 chicanes distribuées tout le long du complexe thermique solaire, et après chaque 4 chicane il a enlevé une chicane.

Dans la troisième configuration, il a mis 10 chicanes et l'espace devient 2 chicanes et un espace par rapport aux 3 chicanes (30cm).

Dans la quatrième configuration, Il a utilisé aussi 4 chicanes et il a réduit 4 d'autres chicanes pour en faire 4 chicanes.

Pour la dernière, il a utilisé 3 chicanes. Pour chaque position il a utilisé 3 flux chaque flux est destiné pour l'explorer pour un jour (c'est à dire les expériences sont faites le long de 3 jours) (le

premier flux 0.014, Le deuxième flux 0.023, Le troisième flux 0.036). Les mesures s'étendent de 8 :00h à 16 :00h.

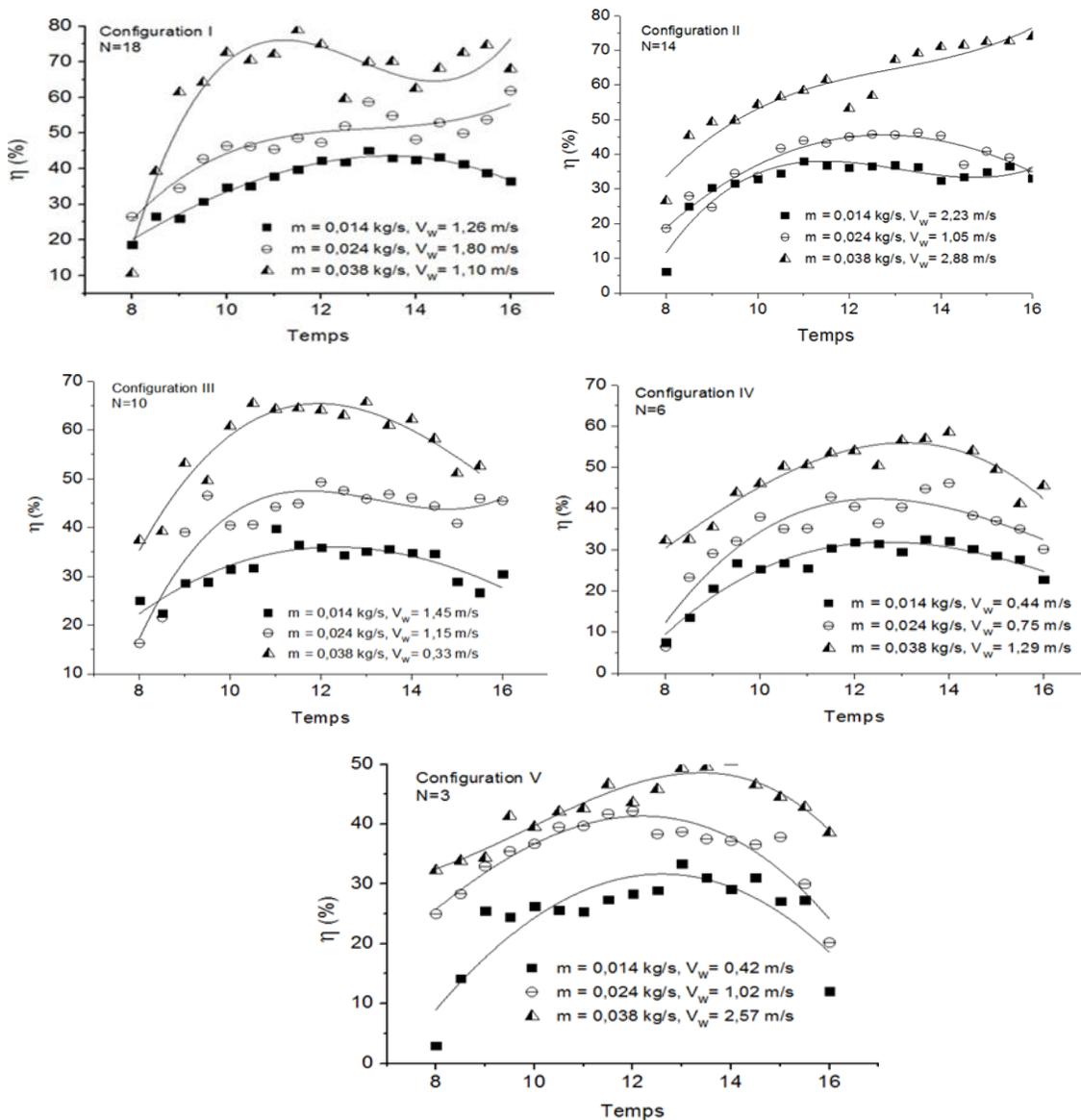


Figure II .10: Evolution du rendement thermique pour différent débit massique [36].

Hadid Mohamed Sadok [37] a été utilisé les quatre modes des chicane, tel que le mode1 (de 0m à 0.6m) : placer 6 chicane à l'entrée du conduite, mode2 (de 0.7m à 1.2m) : placer 6 chicane au milieu du courant d'air, mode3 (de 1.3 à 1.8m) : placer 6 chicane à l'extrémité de la conduite, et enfin mode4, qui place les chicane entiers "18 chicane" sur l'ensemble du flux d'air. La comparaison a été ajoutée aux conditions spécifiques, mettre 18 chicane entièrement de la

conduite selon de l'angle d'inclinaison des chicanes varie de 135°, 45° et mixte entre 45° et 135° respectivement, le mode5, mode6 et enfin le mode7 (Figure II.11).



Figure II .11 : Différents types des modes étudiées [37].

Dans les conditions du rayonnement solaire moyenne $I=1025W/m^2$, on doit varier le débit massique à chaque fois pour évaluer le changement de rendement thermique en fonction du débit massique et perte de charge.

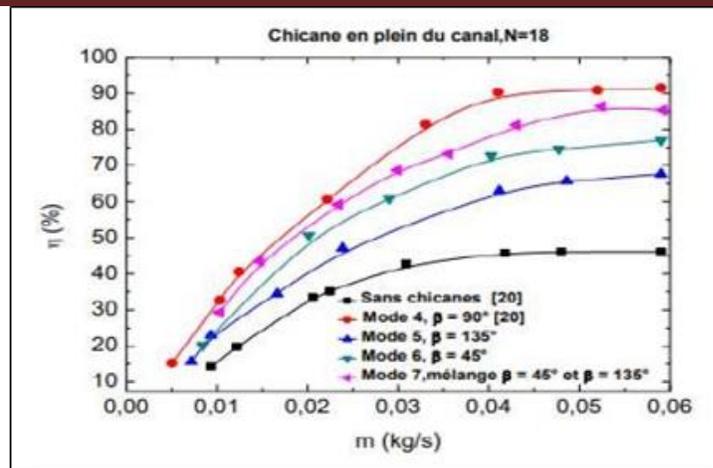


Figure II .12 : Evolution du rendement thermique pour différente d'inclinaison des chicanes [37].

Fares Grira [38], a effectué des expériences en testant le capteur solaire thermique sans chicanes, puis en utilisant les chicanes avec différentes configurations voir (figure II.13), tel que le mode1:en plaçant 6 chicanes en entrant dans la conduite du capteur, mode 2 : en plaçant 6 chicanes au milieu, mode 3 : 6 chicanes à la fin de conduite, et enfin le mode 4 qui place les 18 chicanes entières dans la conduite, chaque configuration prend la durée de 4 jours à début important, le premier jour avec un faible débit massique 0,015 kg /s, le deuxième jour avec un débit moyen de bloc 0,026 kg/s, le troisième jour avec un débit de bloc supérieur égal à 0,036 kg/s, les trois premiers jours de 7h00 heure du pacifique à 15h00 de l'Est, le dernier jour étant seulement une heure entre 11h00 heure du pacifique et 12:00 heure du pacifique, et le rayonnement solaire est presque constant, le débit massique varie pour chaque 10 minutes pour évaluer le changement d'efficacité thermique en fonction du débit massique et de la basse perte de charge.



Figure II .13: Différents types des modes étudiées [38].

Après avoir mené l'étude expérimentale, la configuration 2 a été choisie comme un meilleur résultat que les autres, il a noté que le rendement thermique est maximale et faible perte de charge.

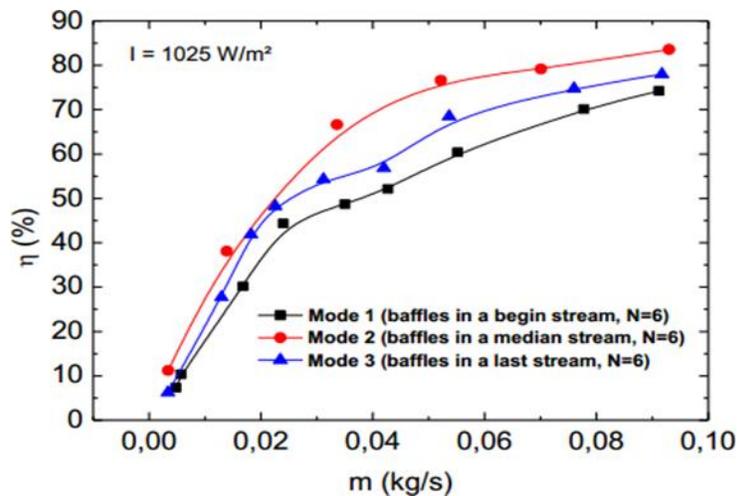


Figure II .14 : Evolution du rendement pour divers débit [38].

Pour une meilleure appréciation de la performance et les limites de nos simulations numériques, une comparaison entre les résultats obtenus concernant les capteurs solaires à air (sans chicanes et sans vitre) et ceux trouvés dans la littérature (résultats de **Gan** [39] publié par Ong) a été

effectuée en matière de température de fluide (voir Figure (II.15)), dans les mêmes conditions opératoires ($I_g = 900 \text{ W/m}^2$, $T_a = T_e = 31,7 \text{ }^\circ\text{C}$, $Re = 1670$).

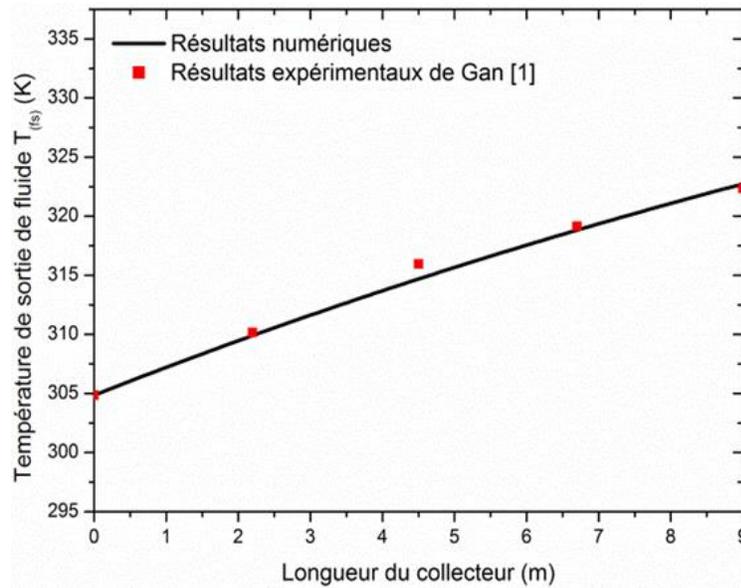


Figure II .15 : Variations de température le long du capteur solaire ($I_g = 900 \text{ W/m}^2$; $\dot{m} = 0.132 \text{ Kg/s}$)

Le code numérique écrit en langage fortran a été validé une autre fois pour le cas d'un capteur solaire plan à air sans chicane en comparant nos résultats avec la littérature [39].

L'adjonction d'ailettes dans la veine d'air utile a fait l'objet d'étude menée par **K. Altfeld et al [9-10]** (voir figure II.16). Ils ont conclu que l'adjonction cause une augmentation des performances thermiques et améliore le rendement thermique de ce système (voir figure II.17).

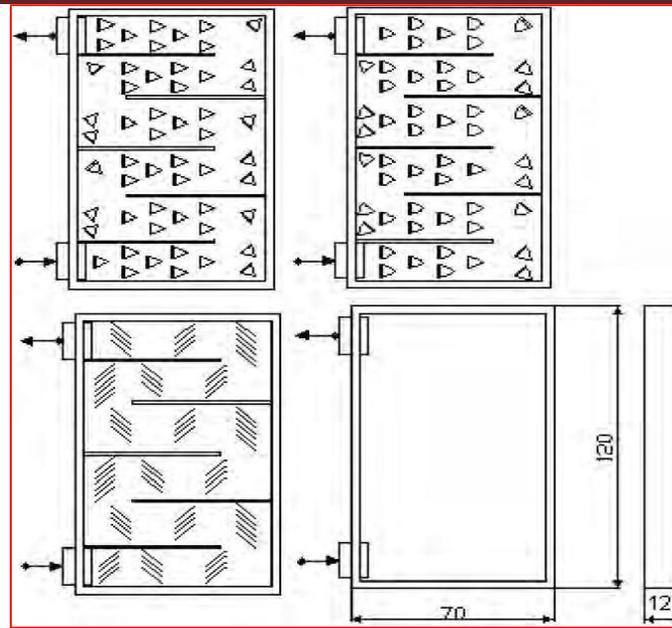


Figure II .16 : Schéma des plaques d'absorption testées [9-10]: a) obstacles triangulaire, b) obstacles à feuilles, c) obstacles rectangulaire, d) sans obstacles.

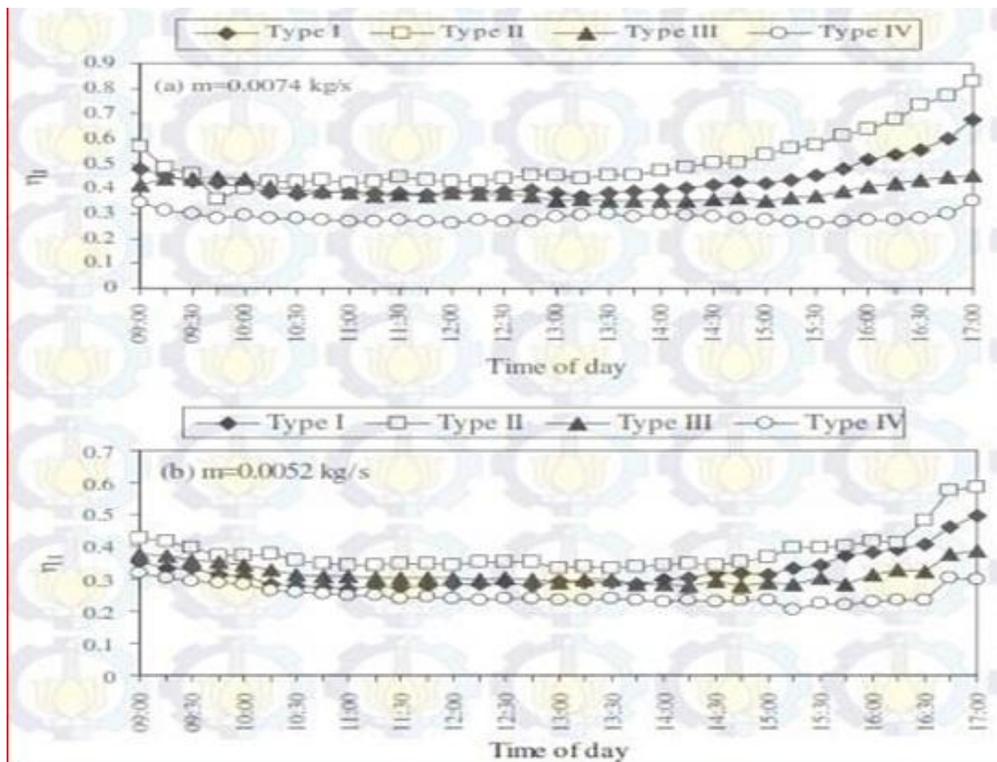


Figure II .17 : Variation de l'efficacité du capteur en fonction du temps pour différents types de plaques absorbantes [40-41].

Les résultats présentant la variation de température de sortie en fonction du temps sont résumés dans la Figure (II.18) pour un débit fixé ($\dot{m}=0.012\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$). Les résultats numériques obtenus dans ce travail sont en parfait accord avec ceux obtenus par **Chabane et al** [33].

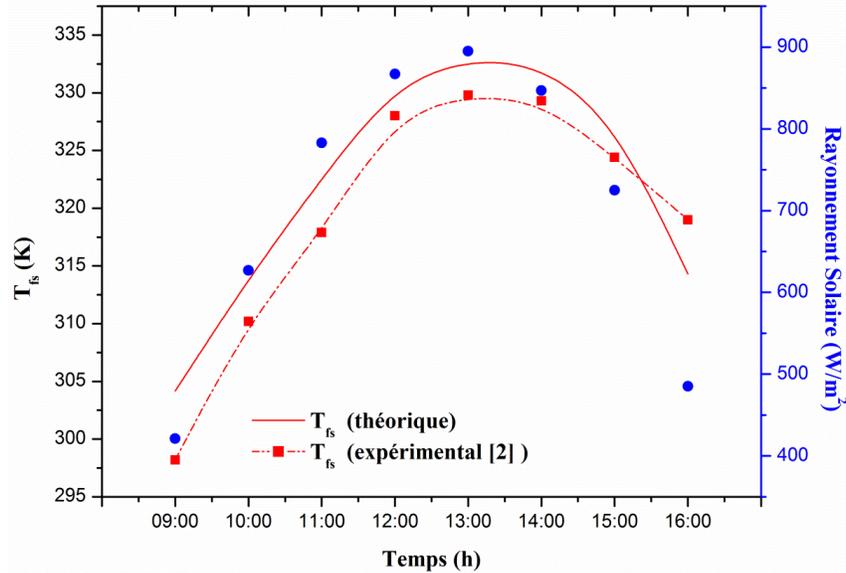


Figure II.18 : Variation de température de sortie en fonction du temps.

Le travail mené par M. Zedayria [42], est un un effet des paramètre géométrique, thermo physiques et optiques sur les performances thermique des capteurs solaires plans à air, ce figure montre effet de la largeur du capteur sur le coefficient globale des pertes thermiques [42].

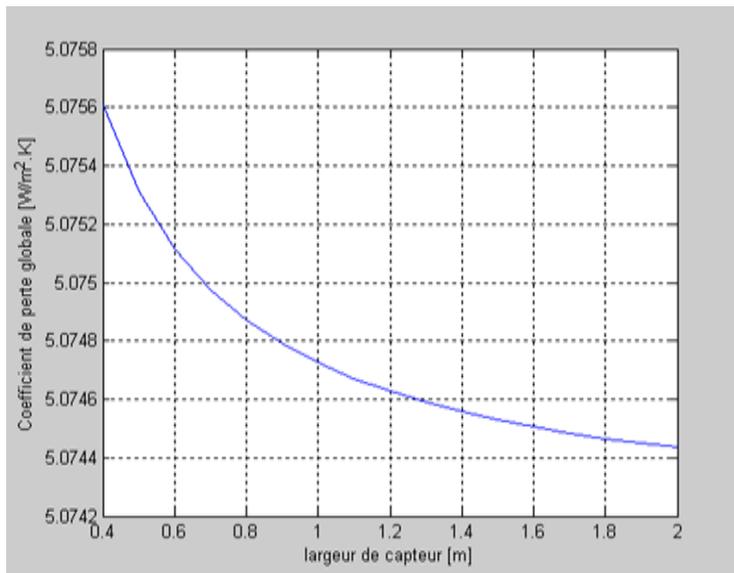


Figure II .19 : Effet de la largeur du capteur sur le coefficient globale des pertes thermiques [42].

Sur le travail de **Demartini** [43] qui utilise le même modèle géométrique mais avec de chicanes simples. Ces résultats sont donnés par la (figure II.20) La figure montre une bonne concordance entre nos résultats et les résultats de Demartini.

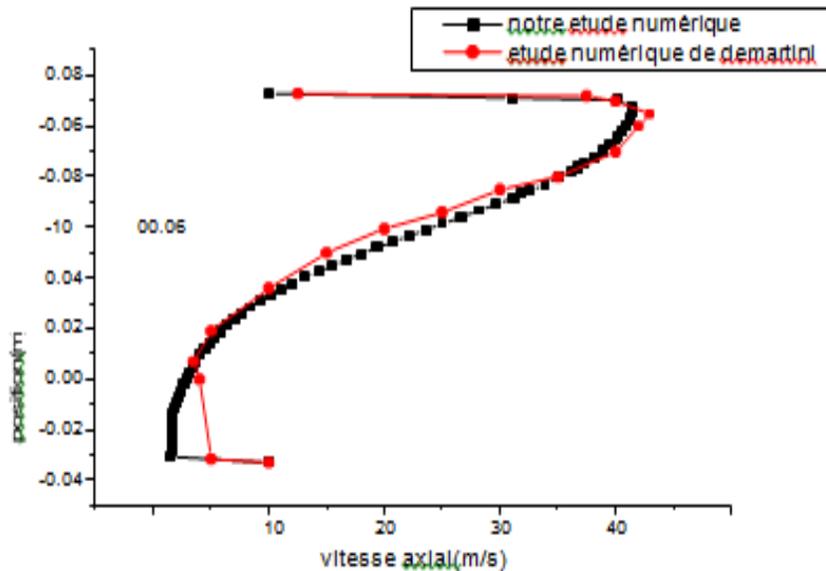


Figure II.20 Comparaison des résultats [43].

A .Labeled et al [44] Description du capteur solaire et de l'installation expérimentale La surface de captation du capteur solaire étudié est égale à 1.76 m^2 , longueur $L_c = 1.96 \text{ m}$ et d'une largeur $l_c = 0.9 \text{ m}$, (Figure. II.21). Nous résumons les principaux Composants du capteur comme suit:

- Une seule couverture transparente de verre d'épaisseur 5 mm.
- Une plaque absorbante mince de 0.4 mm d'épaisseur, en acier galvanisé peinte en noir mat.
- Une plaque arrière mince de 0.4 mm d'épaisseur, en acier galvanisé placée sur l'isolant.
- La hauteur entre la couverture transparente et la plaque absorbante est égale à 20 mm.
- La hauteur de la veine d'air dynamique est de 25 mm.
- L'isolation arrière est assurée par une feuille de polystyrène de 30 mm d'épaisseur, par le boîtier en bois et puis elle est assurée également par deux feuilles de contre- plaqués de 5 mm d'épaisseur.

Notre contribution à travers cette étude, consiste à optimiser ces systèmes classiques en vue d'améliorer leurs performances, par la proposition de trois solutions d'optimisation issues de la synthèse effectuée sur la technologie de ces systèmes.

De ce fait, nous avons opté à combiner trois solutions technologiques:

- ✓ La première consiste à introduire différentes géométries de rugosités dans la veine d'air mobile.
- ✓ La deuxième consiste à inverser le sens de l'écoulement de l'air dans le capteur. Cette idée n'a jusqu'à présent été envisagée dans les travaux rencontrés dans la littérature.
- ✓ La troisième consiste à faire circuler le fluide caloporteur de part et d'autre de la plaque d'acier inférieure 'double passage'.

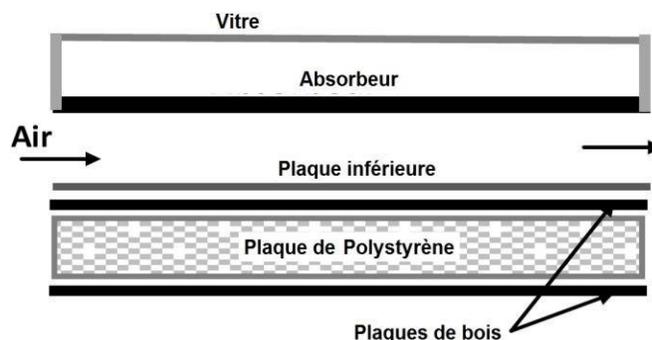


Figure II .21: Schéma du modèle étudié [44].

Sept (07) configurations géométriques offertes au passage de l'air dans la veine d'écoulement.

Nous présentons sur les (figures II.22 et II.23) les différentes géométries des chicane et les différentes configurations des CSPs à simple passage d'air étudiées, respectivement.

- Configuration N-1: capteur sans chicane, entrée de l'air par le bas;
- Configuration N-2: capteur sans chicane, entrée de l'air par le haut;
- Configuration A-1: capteur avec chicane rectangulaire, entrée de l'air par le bas;
- Configuration A-2: capteur avec chicane rectangulaire, entrée de l'air par le haut;
- Configuration B-1: capteur avec chicane trapézoïdale, entrée de l'air par le bas;
- Configuration B-2: capteur avec chicane trapézoïdale, entrée de l'air par le haut.

Dans la (figure II.22), nous présentons la 7^{ème} configuration (Configuration C). Il s'agit d'un CSP à double passage d'air autour la plaque d'acier inférieure.

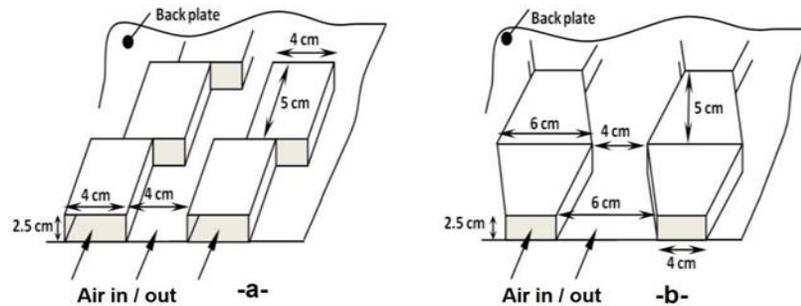


Figure II .22: Schématisation des différentes formes des obstacles utilisés [44].

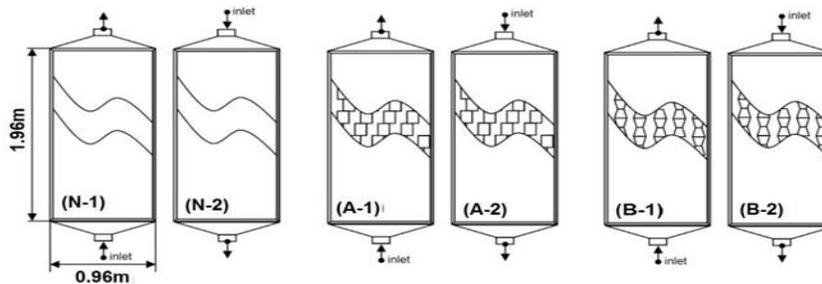


Figure II.23 : Présentation des six modèles étudiés: (N) sans obstacles, (A) avec des obstacles rectangulaires et (B) avec des obstacles trapézoïdaux Indices 1 et 2 indiquent, respectivement, que l'entrée de l'air est par le bas ou par le haut du CSP [44].

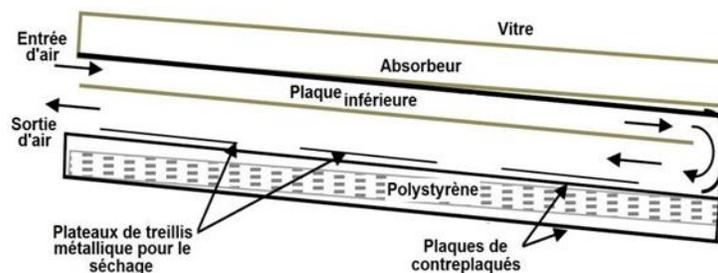


Figure II.24: Schéma du capteur C (double passage d'air) [44].

Les expériences menées sont réalisées sur des CSP's installés au site de l'Université de Biskra. Caractérisée par son climat saharien, Biskra est située à une latitude de 34°48' Nord et une

longitude de $5^{\circ}44'$ Est. Son altitude par rapport au niveau de la mer est de 85 m, la pression atmosphérique à cette altitude est 1,004 bar.

Le capteur est orienté face au Sud et placé sur des supports inclinés de $34^{\circ}48'$ par rapport à l'horizontale.

(La figure II.25), regroupe les courbes de la variation du rendement en fonction du débit pour les différentes configurations de CSPs. Comme nous l'avons constaté, le rendement du capteur augmente lorsque le débit augmente. De même, l'utilisation des chicanes trapézoïdales induit une amélioration du rendement, ceci s'explique par le fait que la forme trapézoïdale induit une diminution des sections de passage de l'air.

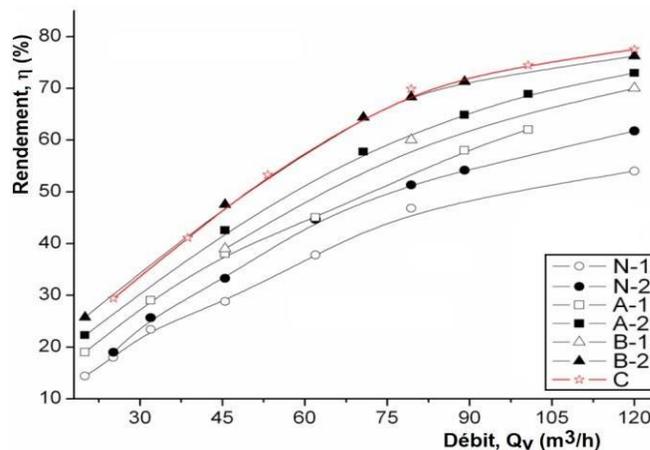


Figure II .25 : Comparaison des rendements des différentes

Configurations en fonction du débit [44].

Les courbes des (figures II.25 et II.26), qui traduisent la variation des pertes de charge mesurées et les consommations électriques résultantes en fonction du débit, ont permis de tirer les conclusions suivantes.

Certes les solutions proposées apportent des améliorations remarquables sur les performances thermiques des capteurs solaires plans à air par comparaison à un capteur lisse. Cependant ces améliorations engendrent des pertes de charges supplémentaires.

Dans cette partie, nous essayons de voir les (ΔP) engendrées et voir si ces améliorations restent acceptables. Dans les différents capteurs, nous avons constaté d'après les mesures de pertes de charge que ces dernières augmentent dans le même sens que l'augmentation du débit.

Dans les configurations dont le sens de l'écoulement est du bas vers le haut nous remarquons que les pertes de charge sont moins importantes que les pertes de charge créées par l'inversement du sens de l'écoulement (du haut vers le bas).

Les chicanes trapézoïdales placées dans le capteur B et la double circulation de l'air autour de la plaque d'acier (capteur C) font augmenter les pertes de charge ainsi que la consommation électrique.

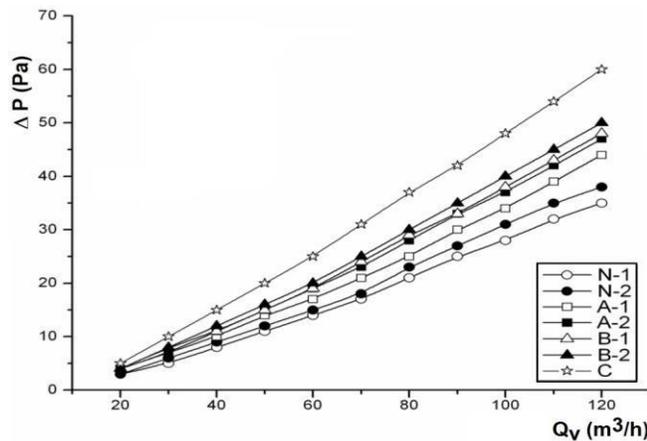


Figure II .26: Pertes de charge en fonction du débit pour les configurations étudiées. [44]

(La figure II.27) présente la répartition, en régime établi, du coefficient d'échange estimé entre l'absorbeur et le fluide dans la phase aller. Il est présenté aussi le long de la phase retour du fluide, (figure II.28). On retrouve une allure similaire à celle décrite dans la littérature. Les travaux de **Vicky Rouss et al** [45] vont aussi dans ce sens. Dans la phase retour du fluide, on remarque l'effet de changement de direction du fluide qui explique une légère augmentation du coefficient d'échange avant de décroître vers la sortie.

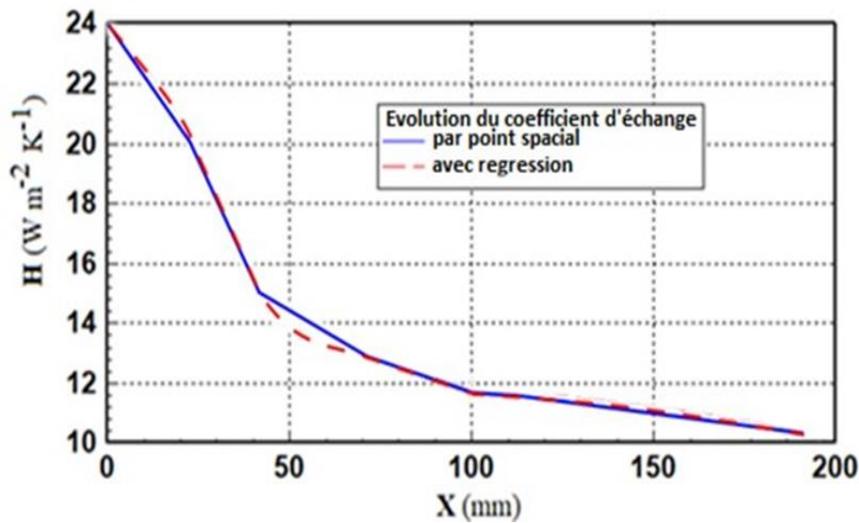


Figure II.27 : Profil du coefficient d'échange air- absorbeur dans le canal supérieur [45].

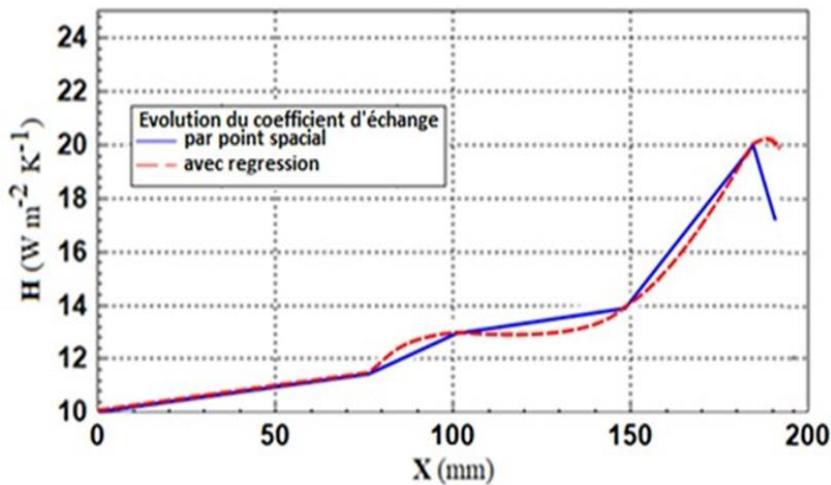


Figure II.28: Profil du coefficient d'échange air - absorbeur dans le canal inférieur [45].

M. Sandali, **A.N. Korti** [46], 0.08Kg/s et 0.005Kg/s, la température de l'air à la sortie du capteur solaire avec milieu poreux est égale à celle dans le cas sans milieu poreux. Par contre, pour les débits 0.008Kg/s et 0.01Kg/s, la température de l'air dans le cas du capteur solaire avec milieu poreux est plus élevée que celle dans le cas sans milieu poreux. Alors, on constate que l'intervalle du débit optimal dans le cas d'utilisation du milieu poreux est entre 0.008Kg/s et 0.01Kg/s. On remarque aussi que l'augmentation du débit entraîne la diminution de l'écart de la température du fluide entre l'entrée et la sortie du capteur solaire dans les deux cas du capteur, avec et sans milieu poreux.

(La figure II.29) montre que la température de l'air à la sortie dans le cas du capteur solaire avec milieu poreux est plus élevée que celle dans le cas sans milieu poreux. Alors, on constate qu'avec

l'augmentation du rayonnement solaire la température du fluide à la sortie du capteur solaire et l'écart de la température du fluide entre l'entrée et la sortie du capteur solaire dans les deux cas, avec et sans milieu poreux, augmentent.

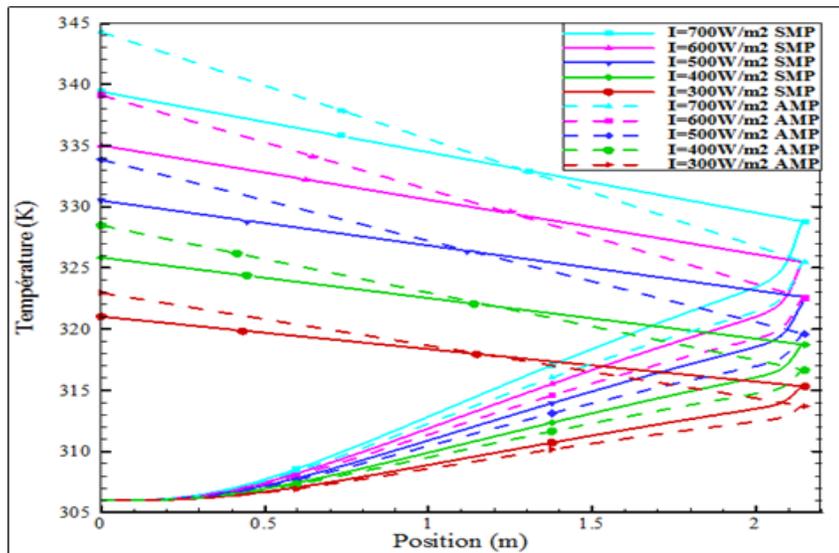


Figure II.29 : Evolution de la température du fluide dans les deux canaux du capteur solaire sans et avec milieu poreux, pour $G_f=0.008\text{Kg/s}$ et différents valeurs du rayonnement Solaire [46].

La comparaison entre les résultats numériques obtenus et les résultats expérimentaux et théoriques de **Sopian et al** [47] est présentée dans la figure (II.30). La figure montre la différence de température entre l'entrée et la sortie de l'air en fonction du débit massique.

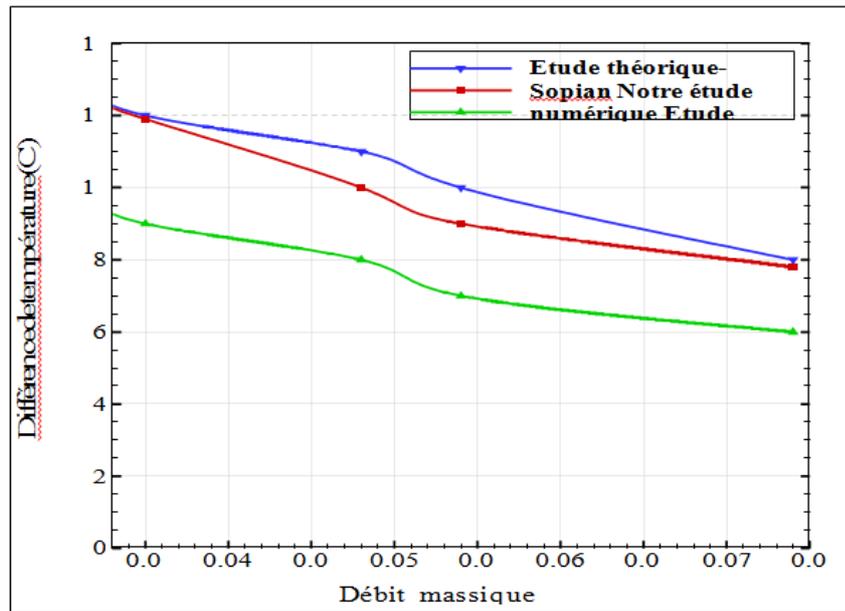


Figure II .30: Comparaison entre les résultats numérique et les résultats expérimentaux et théoriques de **Sopian et al.** [47]

On remarque que nos résultats numériques trouvés sont assez proches aux résultats théoriques et expérimentaux donnés par **Sopian et al** [47]. Cela apporte une validité au modèle numérique développé et sa précision. Toutefois, on peut voir clairement la bonne précision de notre modèle par rapport à celui de Sopian. Le modèle développé par ce dernier est basé sur des bilans énergétiques appliqués aux différents composants et ne tient pas compte de l'effet dynamique de l'écoulement.

Le travail mené par **M.T.Baissi** [48] est une étude théorique et expérimentale des paramètres de fonctionnement d'un capteur solaire plan. En considérant certaines dimensions caractéristiques maintenues constantes, L'auteur montre à chaque fois l'effet d'un paramètre : La largeur sur les performances thermiques est montrée sur les figures (II.31) qui présentent leur évolution en fonction de la variation de la largeur du capteur :

Longueur du capteur, $L_c = 1,5$ [m], épaisseur de la lame d'air immobile, $e_v = 25$ [mm], épaisseur de l'isolant placé à l'arrière du capteur, $e_{is} = 0,1$ [m], épaisseur de la veine d'air mobile, $e = 30$ [mm] [1].

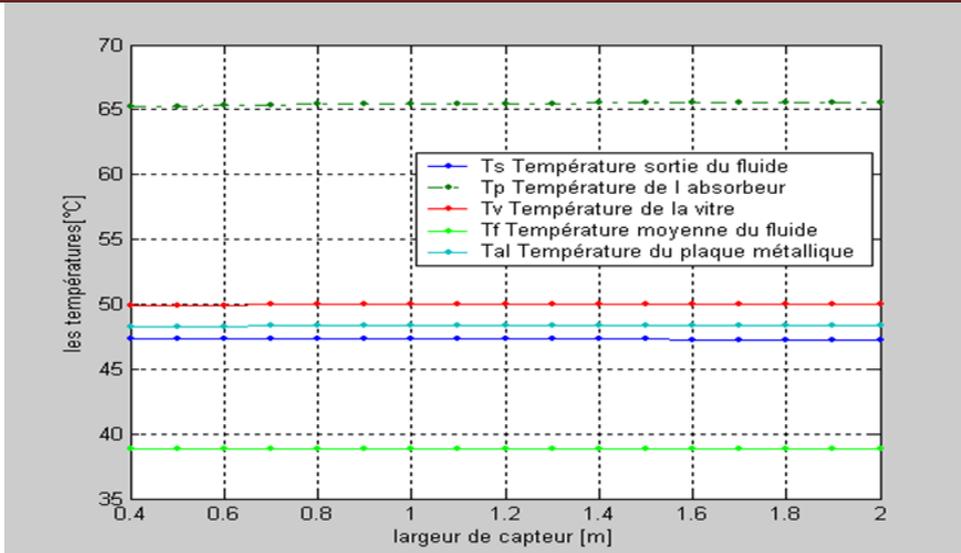


Figure II.31 : Effet de la largeur du capteur sur les différentes températures (à la sortie et moyenned u fluide, de l’absorbeur, de la vitre et de la plaque métallique placée sur l’isolant en aluminium) [48].

Il est aisé de remarquer sur la figure.60 que le rendement instantané du capteur solaire plan avec l’augmentation de l’inclinaison du capteur.

Selon [49], la position optimale qui assure la bonne réception des rayonnements solaire sen période hivernale lorsque la trajectoire du soleil est basse dans le ciel est une inclinaison plus élevée que la latitude du lieu de 10 à15°. Contrairement à la période estivale, pendant laquelle il est préférable d’incliner le capteur moins de la latitude du lieu de 10 à15°.

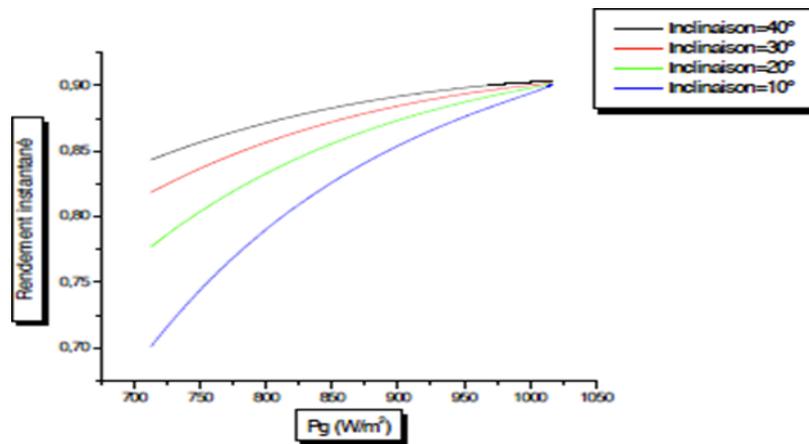


Figure II.32. Evolution du rendement instantané en fonction de l’inclinaison du capteur [49].

II.3. Minimisation des pertes thermiques : Dans le but de minimiser les pertes thermiques vers l’avant de l’absorbeur, **Feyza Benyelles et Al** [50] ont proposés de placer un isolant " aérogel de silice " au-dessus de l’absorbeur comme le montre la figure 2.44C.

Les auteurs sont choisis l'aérogel de silice pour ses propriétés. C'est un matériau solide à basse densité variant de 80 à 270 kg/m³, transparent, poreux (porosité de 35% à 90%). Son indice de réfraction est compris entre 1.2 à 1.05. Pour une épaisseur de l'ordre de 20 mm, la transmittance solaire normale est de 90%. Sa conductivité thermique est de l'ordre de 0.02W/m. K [50].

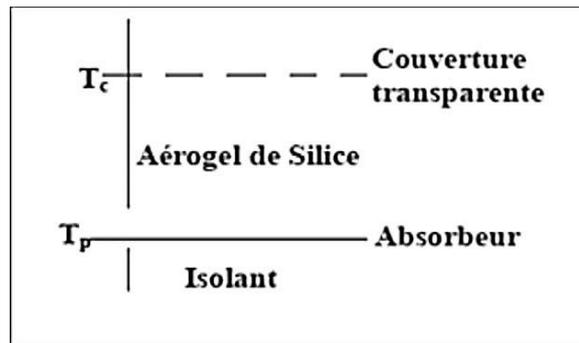


Figure. II 33 : Conception des capteurs à aérogel de silice [50].

Plusieurs capteurs dans les mêmes conditions expérimentales ont été comparés,

Plusieurs capteurs dans les mêmes conditions expérimentales ont été comparés,

- ✚ Capteur simple vitrage à absorbeur non sélectif. Capteur simple vitrage à absorbeur sélectif.
- ✚ Capteur double vitrage à absorbeur non sélectif
- ✚ Capteur simple vitrage à absorbeur non sélectif muni d'un isolant à aérogel de silice.

Les auteurs ont trouvé que la température de la vitre d'un capteur simple vitrage à absorbeur non sélectif peut atteindre 50°C, alors qu'elle n'atteint que 20 °C pour un absorbeur muni d'un isolant aérogel de silice. En outre, le coefficient de pertes thermiques vers l'avant de l'absorbeur, dans ce cas est minimale. Ils ont déduit que l'aérogel de silice est un super isolant transparent de la face avant du capteur, et contribue ainsi à l'amélioration du rendement du capteur solaire.

A.Zerrouki et Al. [51] ont menés une étude théorique relative à la modélisation d'un capteur solaire à air de conception conventionnelle à deux passes (circulation d'air de part et d'autre de l'absorbeur). Ils ont étudié le cas où le capteur est dans un état tel que les conditions de Bliss sont respectées. Ils ont établi le bilan thermique respectivement sur la couverture transparente, l'absorbeur puis l'isolation thermique arrière. Ils ont résolu le système d'équations obtenues. Ils ont fourni les expressions mathématiques des paramètres U_L , F_r et F' . Une représentation graphique de ces paramètres a été présentée.

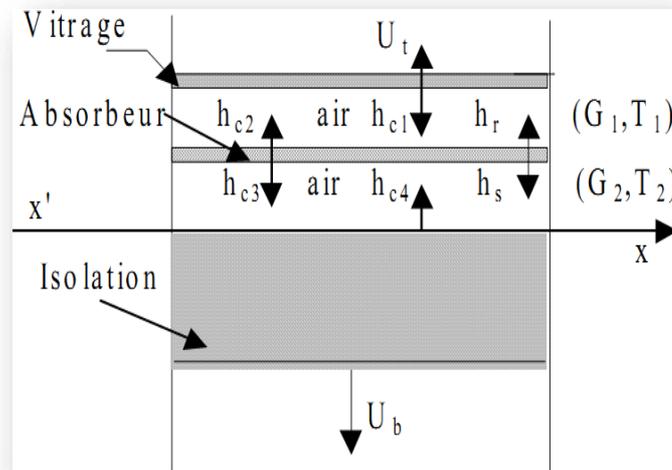


Figure II .34: Schéma d'un élément du capteur [51].

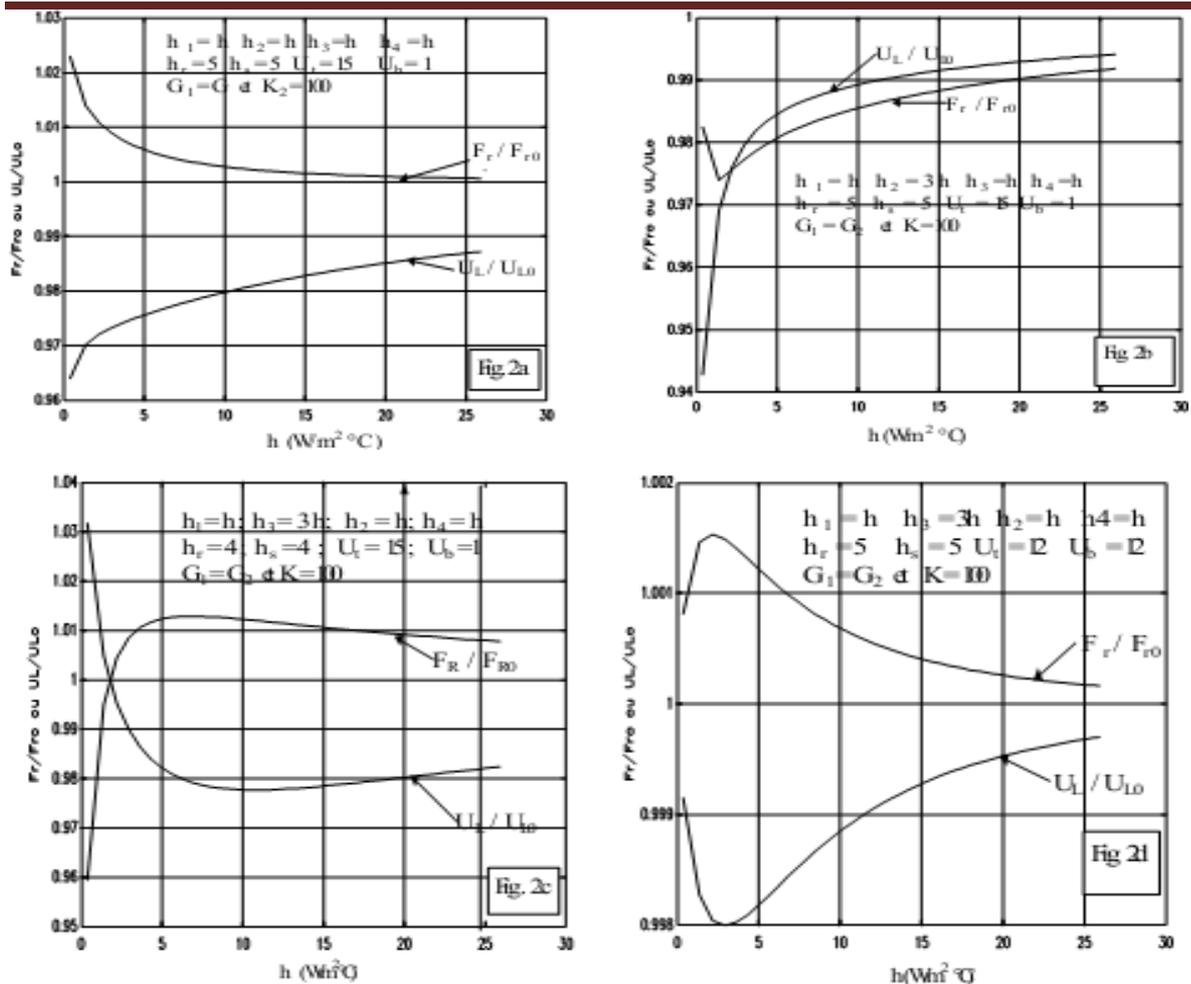


Figure II .35 : Evolution des rapports (F_r/F_{r0}) et (U_L/U_{L0}) [51].

Ils ont présenté un modèle mathématique fournissant des expressions du coefficient de conductance thermique et de la conductance totale d'un capteur solaire à deux passes en régime permanent. La comparaison établie entrées résultats obtenus avec ceux de l'analyse de Bliss- Whillier s'est avérée satisfaisante.

II.4 Influence de la configuration de l'absorbeur sur les performances thermiques d'un capteur solaire à air :

Vue que le coefficient d'échange thermique de l'absorbeur pour les capteurs solaires à air est plus faible que celui des capteurs à l'eau, **F. Mokhtari et Al** [52], ont fait une étude expérimentale sur les capteurs solaires à air, leur objectif est d'évaluer l'effet de la plaque absorbante sur la température de sortie du fluide caloporteur, c'est-à-dire le coefficient d'échange par convection, pour cela ils ont étudié trois configurations des capteurs solaire à air, (Figure. II.36).

La première configuration (a) : est la plus simple, elle a un passage d'air sous l'absorbeur qui est en tôle peinte en noir ($\alpha=0.95$), la couverture est un vitrage de (0.03m).

La troisième configuration (b) : est constituée des mêmes éléments que la première configuration, seulement le passage d'air se trouve au- dessus de la plaque absorbante (entre le vitrage et la plaque absorbante).

La deuxième configuration (c) : constituée comme la première, seulement la plaque absorbante est placée sur la diagonale du capteur entre la couverture et l'isolant, l'entrée de l'air se trouve au dessus de l'absorbeur tandis que la sortie est située sous l'absorbeur. Elle est munie d'un orifice de section rectangulaire de (150 x 600 mm).pour permettre l'évacuation de l'air chaud.

Les trois capteurs sont de dimensions (1.92×0.94m), l'entrée de chaque capteur est munie d'un ventilateur qui débite une vitesse de l'air de l'ordre de 2,6 m/s en convection forcée.

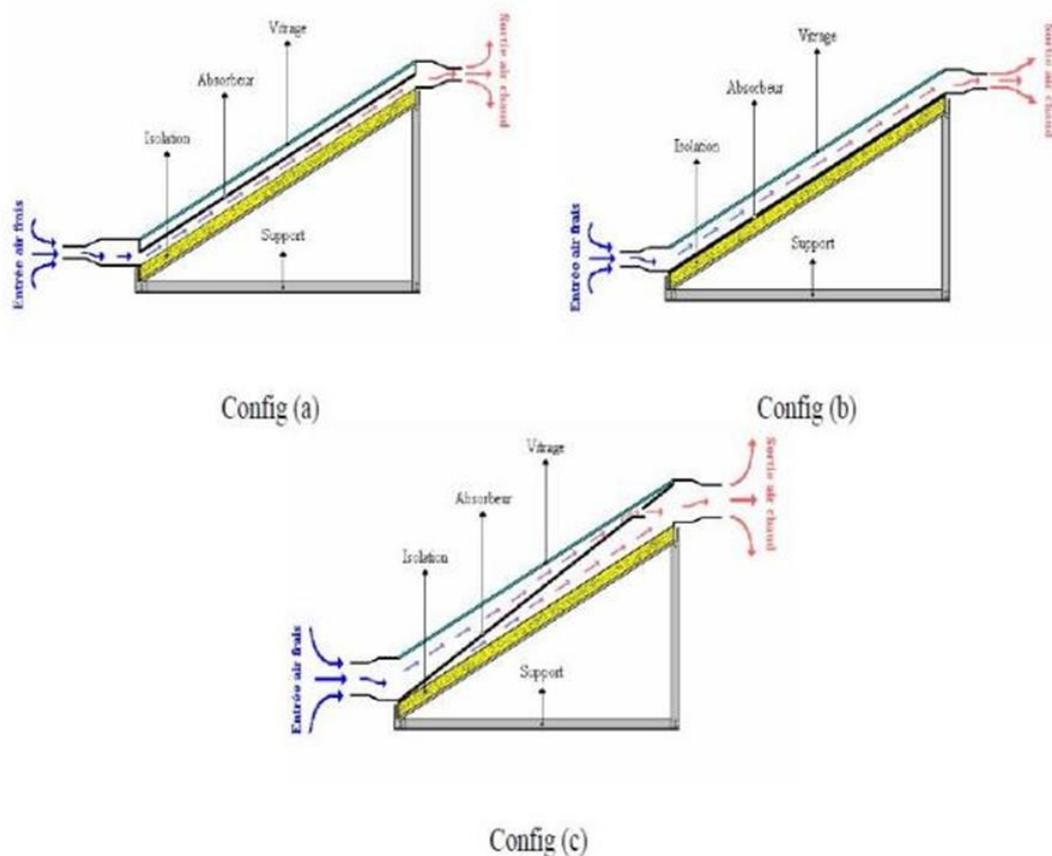


Figure II.36 : Représentation des trois configurations des capteurs

Les paramètres mesurés sont les différentes températures de l'absorbeur et les températures de sortie du fluide caloporteur des trois capteurs en deux modes de circulation naturelle et forcée, ils ont remarqué que la température de la plaque absorbante du capteur

incliné (c) est la plus basse en haut du capteur c'est à dire à proximité de la sortie, cela veut dire que le capteur incliné cède de la chaleur plus que les deux autres configurations, vue l'ouverture qui se trouve en haut du capteur (figure II.37), pour la deuxième circulation (convection forcée), ils trouvaient que le capteur (c) donne la température de sortie du fluide la plus élevée des trois capteurs (figure II.38).

Ils concluaient que le transfert de chaleur entre l'absorbeur et l'air est important quand il y a contact direct (plaque- air) et double circulation d'air.

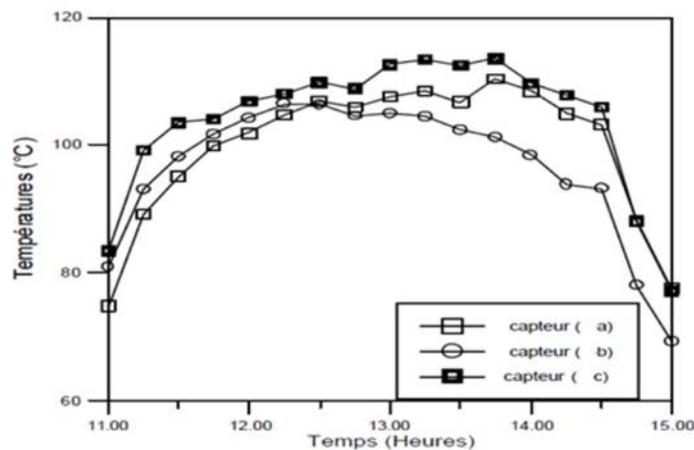


Figure II.37:Représentation des différentes températures de la plaque en convection naturelle.

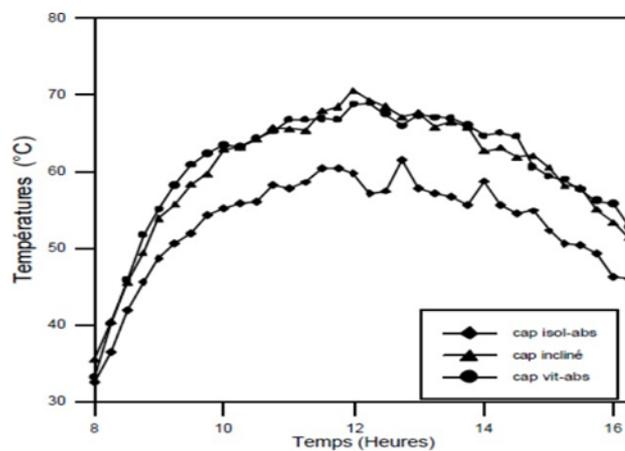


Figure II.38: Représentation des températures de sortie du fluide en convection forcée.

II.5. Conclusion :

Les recherches effectuées par certains chercheurs ont révélé que l'optimisation des capteurs solaires est liée à certaines propriétés physiques et techniques.

L'amélioration des performances des capteurs solaires consistait à limiter les déperditions thermiques entre

L'absorbeur et l'ambiance par l'introduction de chicane perforées. L'optimisation des performances porte plus particulièrement sur la manière de la circulation du fluide caloporteur.

- L'orientation du fluide caloporteur vers la paroi supérieure du capteur (Absorbeur)
- Répartition du champ de l'énergie cinétique entre les extrémités et les perforations des chicanes.
- Les paramètres de position comme l'angle d'inclinaison du capteur.
- Les paramètres externes comme le rayonnement solaire, la température ambiante...etc.

CHAPITRE III :

Etude expérimentale

III.1. Introduction :

Les expériences ont été effectuées sur un capteur qui a été conçu dans le hall technologique du département de génie mécanique de l'Université de Biskra. Les tests effectués ont été menés durant la période du mois d'Avril 2021. Le banc des essais est un capteur solaire plan à air dont les dimensions sont regroupées dans le tableau II.2. Le capteur est orienté face au sud est à inclinaison fixe est $\beta = 38^\circ$. Il s'agit d'un isolateur à simple passe, composé d'une vitre en plexiglas caractérisée par un coefficient de transmission $\tau = 0.9$ et d'un absorbeur en acier galvanisé $\alpha = 0.95$, émissivité $\varepsilon = 0.95$. La hauteur de la veine d'air mobile est de 40 mm. Le capteur est placé sur un châssis permettant d'avoir une inclinaison variable par rapport à l'horizontale (figure III.1).

✓ Le rendement thermique du capteur :

Le rendement d'un capteur solaire est défini comme le rapport entre la puissance utile et la quantité totale de rayonnement solaire frappant la surface du capteur pendant une période donnée:

$$\eta = \frac{Q_u}{I \times A} \quad (\text{III.1})$$

La puissance utile dans un capteur solaire à air peut être exprimée comme suit:

$$Q_u = m \times C_p \times (T_s - T_e) \quad (\text{III.2})$$

Avec : $m = V_f \times S$

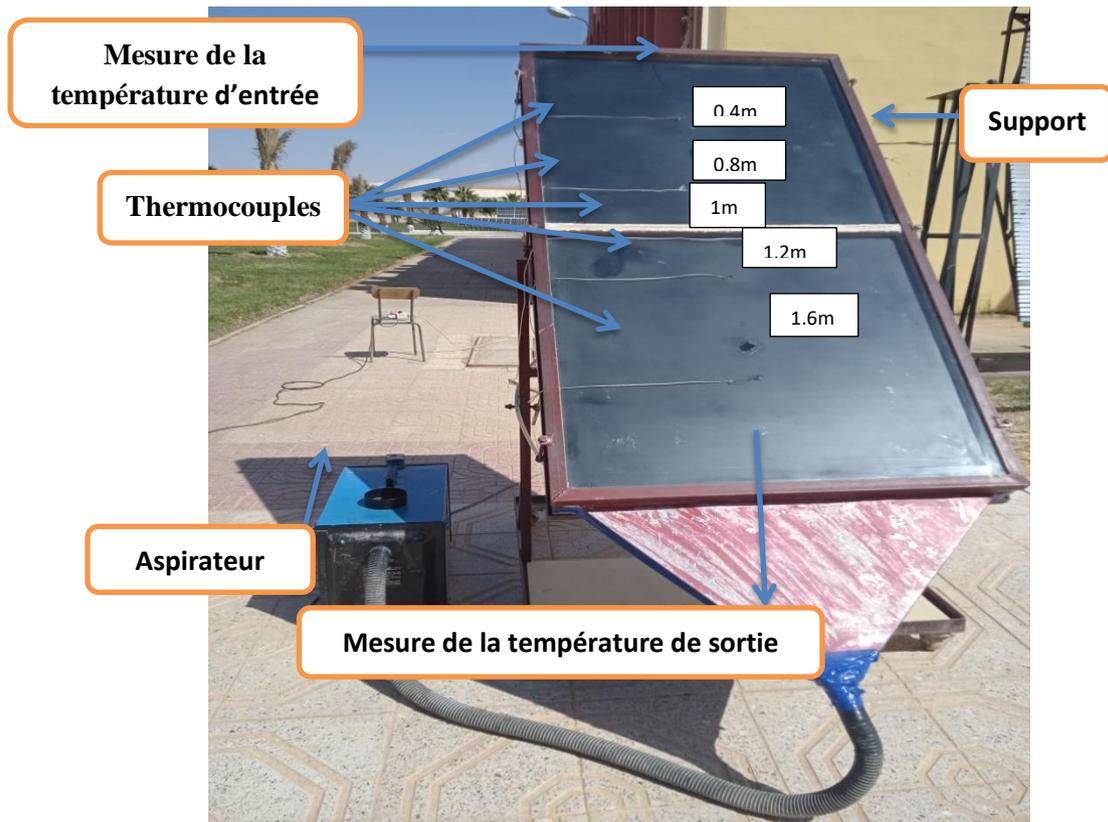


Figure III .1: Banc d'essai

III.2 Dispositif expérimental :

III.2.1 Description du banc d'essai :

Le banc d'essai a été réalisé près de la halle technologique du département de génie mécanique de l'Université de Biskra, site situé à l'est sud du Sahara algérien à 34.84 ° de latitude, à 5.75 ° de longitude et à 108 mètres d'altitude. Le site d'expérience est exposé au soleil.

L'étude est basée sur le performance thermique d'un capteur solaire plan à air, en comparant les résultats obtenus par **Oubiri Nour El Islam** et **Djaber Kherroubi** avec notre résultats et voir la meilleure façon d'augmenter l'échange thermique par adjonction de chicane dans la vaines d'air mobile et en obtenant de meilleures performances ou une meilleure efficacité thermique pour ce capteur car nous avons utilisé tous les chicane (18 chicane), où la distribution des chicane varie entre deux chicane voisiné par la distance (10 cm) (mode 1), et après nous avons utilisé 4 positions différentes de positionnement des chicane, (mode 2) nous avons mis 14 chicane tout au long du complexe thermique solaire et après chaque quatre chicane nous avons enlevé une chicane,(mode 3) nous avons mis 10 chicane et l'espace devient 2 chicane et un espace par rapport aux 3 chicane (30 cm), (mode4) nous

avons également utilisé 4 chicanes et réduit 4 d'autres chicanes pour en faire 4 chicanes, (mode 5) dans la dernière position nous avons utilisé 3 chicanes et mode sans chicanes(mode 6), et chaque position s'étale essentiellement sur 3 jours de 8h00 à 16h00 h, le premier jour nous avons utilisé un débit de 0.014 kg/s, le deuxième jour, nous avons utilisé un débit moyen de 0.023 kg/s, et pour le troisième jour nous avons utilisé un débit élevé plus de 0.036 kg/s.



Figure. III.2: Différents types des modes étudiées

III.2.2 Caractéristiques techniques :

- Les principaux composants du capteur sont :

- Une couverture transparente en verre d'épaisseur 5 mm.
- Une fine feuille d'acier galvanisé recouvert d'un matériau noir installé dans un cadre en bois.
- Deux baguettes en bois sont installées des deux côtés du flux d'air en mouvement pour contenir les barrières (les barrières ne sont pas en contact avec l'absorption «à l'envers», c'est-à-dire «isolation» vers le bas).
- L'isolation arrière est assurée grâce à une feuille de polystyrène de 40 mm d'épaisseur.
- L'ensemble est placé dans un coffré métallique en acier.

-Eléments constitutants et dimensions:

- Tableau III.1 : Dimension des constituants

Element de construction	Longeur (m)	Larger (m)	Épaisseur (mm)
Couverture transparent	1,94	0,94	3
Absorber	1,94	0,94	0,8
Cadre en bois	2	1	30x30
Batons de bois	1,94	0,03	30
Insolent	2	1	40
Poitier	2	1	80
Chicane	0,88	0,02	0,8

-Caractéristiques thermo physiques :

- Tableau III.2 : Caractéristiques thermo-physiques des composants.

Element de construction	Matériaux	Masse volumique (kg/m ³)	Chaleur spécifique (j/kg.°K)	Conductivité thermique (W/m.°K)
Couverture transparent	Verre	1,2	1500	1,5
Absorbeur	Acier galvanisé	7800	473	45
Cadre en bois	Bois	5100	1200	0,15
Batons de bois	Bois	5100	1200	0,15
Isolant	Polystyrène expansé	16	1670	0,037

Poitier	Acier galvanisé	7800	473	45
---------	-----------------	------	-----	----

Caractéristiques optiques :

- Tableau III.3: Caractéristiques optiques des éléments de construction.

Element de construction	Emissivité (ϵ)	Absorption (α)	Transmission (τ)
Couverture transparente	0,9	0,05	0,9
Absorbeur	0,95	0,9	-
Isolant	0,6	0,14	-
Poitier	0,89	0,8	-
Chicane	0,89	0,8	-

La figure ci-dessous présente une section transversale du capteur solaire:

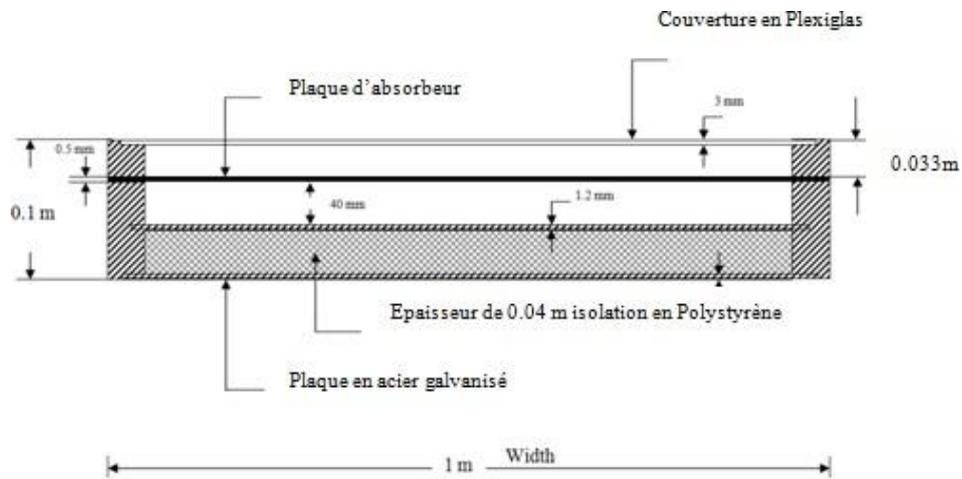


Figure III .3 : Dimensions des différents composants.

-Forme et disposition des chicanes

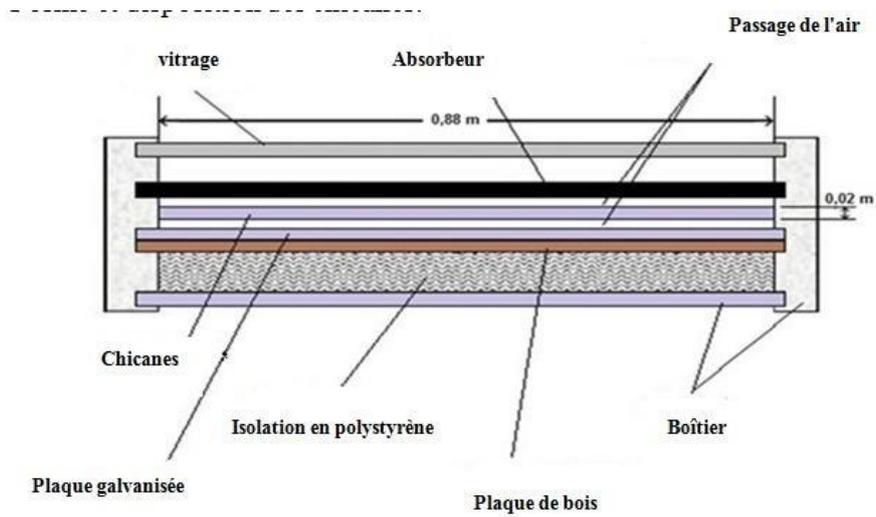
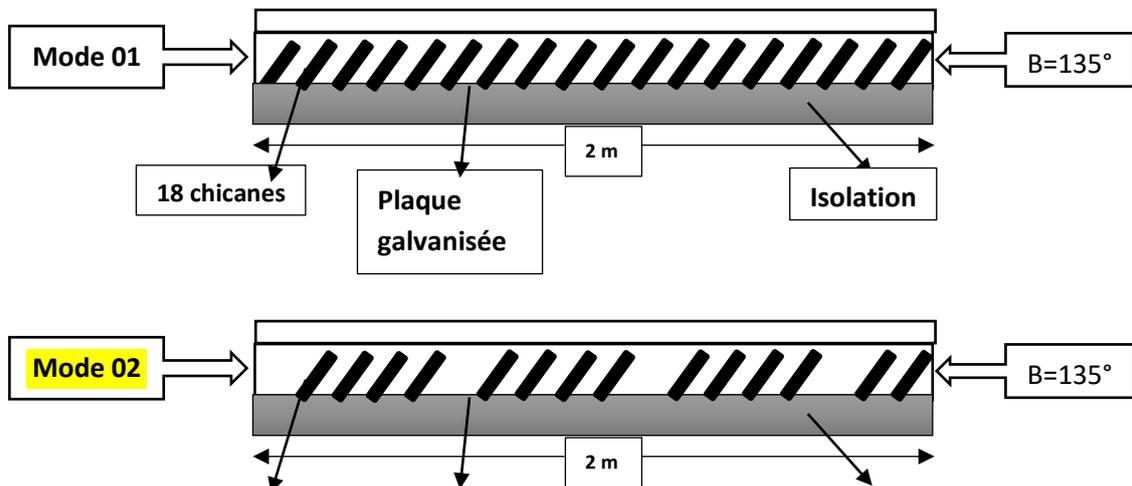


Figure III.4: Coupe transversale du capteur avec des chicanes rectangulaires.



Figure III.5: La forme des chicanes



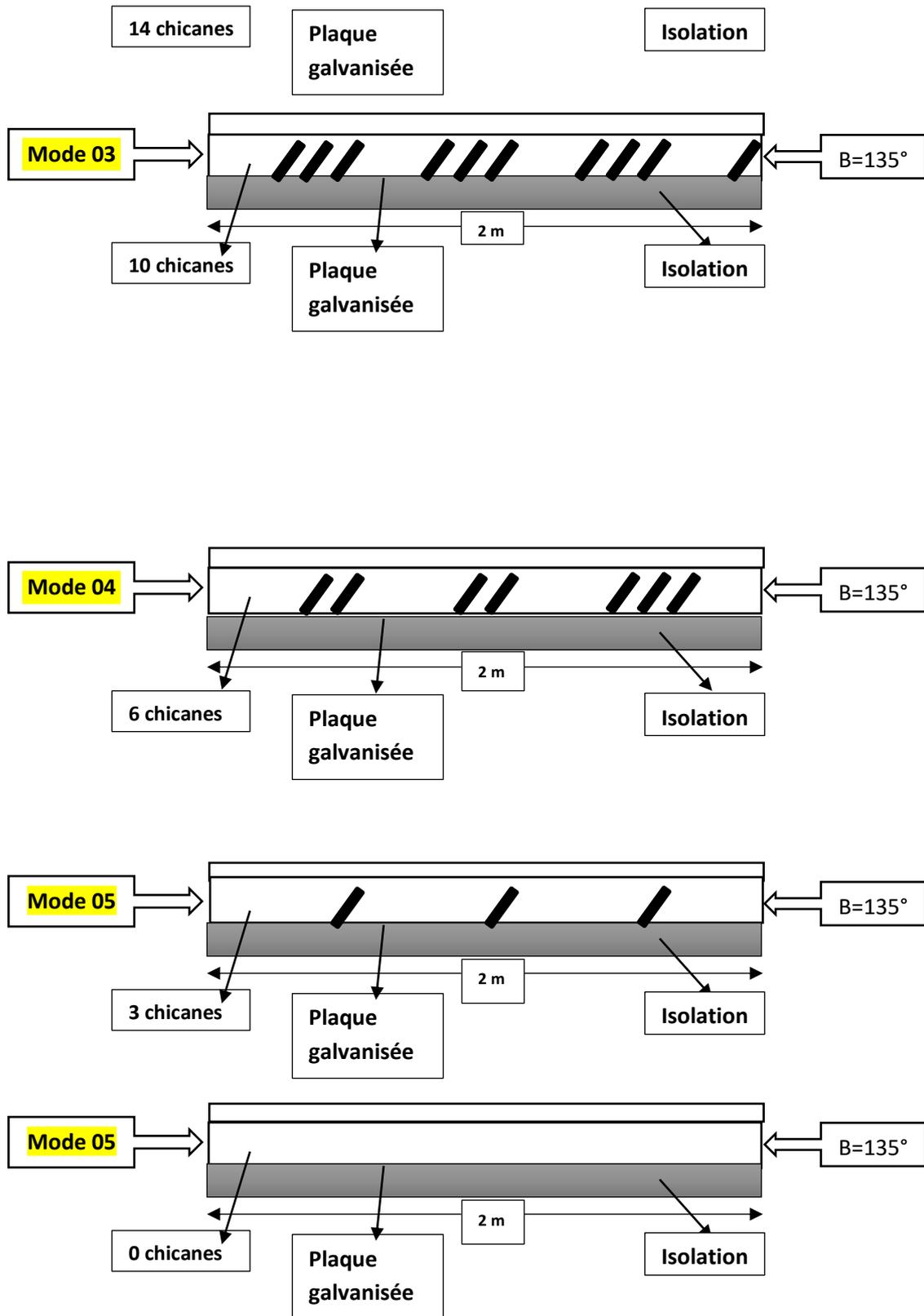


Figure III.6 : Coupe longitudinale du capteur avec répartition des chicanes dans tous les flux de capteur selon différentes configurations

Tableau III .4: Caractéristiques dimensionnel de chicanes pour différent configuration

Configuration	1	2	3	4	5
l_c (mm)	100	100	100	100	500
L_c (mm)	100	200	300	400	500

Le capteur solaire conçu se compose d'un flux d'air de 40 mm situé sous l'absorbeur dans lequel les chicane sont placés (figure 4,3), la distance entre l'absorbeur et le couvercle en vitrage est de 30 mm (longueur = 0,94 m, largeur = 0,02 m, hauteur = 0,08 mm), la distance entre chicane est de 0,1 m, cette disposition a été choisie dans la mesure où il s'est avéré être une configuration optimale. Le nombre des chicane sélectionnées est rectangulaire, d'un autre côté, le nombre et la répartition des chicane ont été choisis en fonction des emplacements étudiés. Un aspirateur électrique a été installé à la sortie du capteur pour aspirer le fluide caloporteur, Figure (III.7), Figure (III.8).

-Les schémas du capteur solaire étudiés sont présentés ci-dessous:

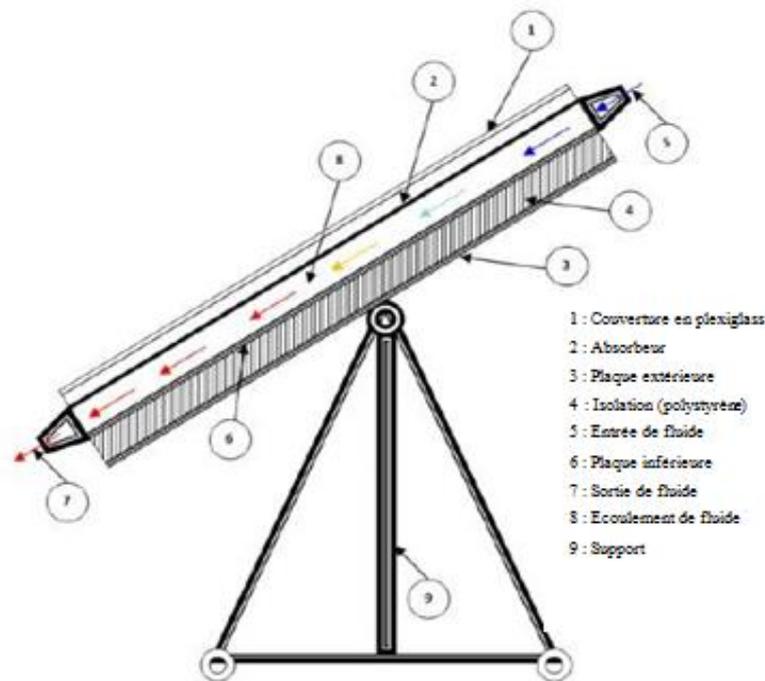


Figure III .7: Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas sans chicane)

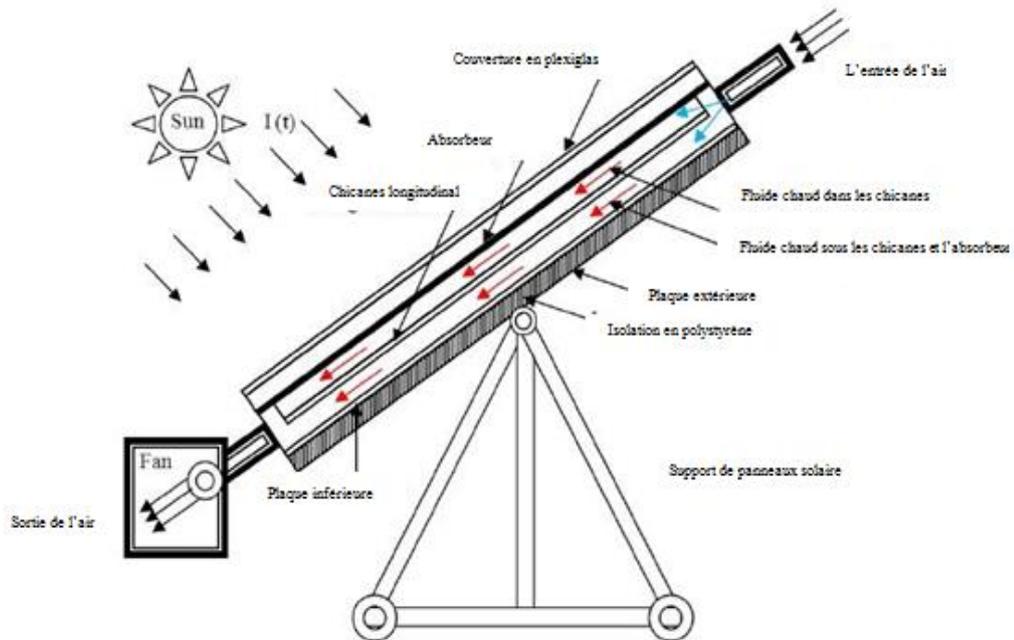


Figure III .8 : Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas avec chicanes)

III.3 Détermination expérimentale de la surface du capteur:

❖ Détermination expérimentale de la surface du capteur:

-Les dimensions du capteur mesurées sont:

Dimensions (globalement): 2 m x 1 m.

Dimensions (ouverture): 1,88 m x 0,88 m.

-Calcul de surface:

Surface totale: 2 m².

Surface (ouverture): 1,66 m².

❖ conditionnement expérimental:

-Les préparations suivantes ont été faites avant les tests:

- L'angle d'inclinaison du capteur est de 35 ° vers le sud.
- Le capteur a été vérifié pour tout dommage ou anomalie.
- Le couvercle du capteur a été nettoyé avec le plus grand soin.
- Le capteur a été exposé dans des conditions claires et sans nuages.
- Déterminer sa caractéristique de performance réelle.

III.4 Instrumentation et appareillage utilisé :

-Mesures du débit:

Pour la mesure du débit nous avons utilisé LVB THERMO-ANEMOMETRE avec HELICE Ø 100 MM – KIMO, (Figure.III.9) :



Figure. III.9 : Thermo-anémomètre à hélice

-Certaines caractéristiques de l'appareil est suivante:

- ✓ Alimentation: 4 piles AAA LR03 1,5 V.
- ✓ Vitesse de l'air: capteur à effet Hall.
- ✓ Température ambiante: capteur CTN.
- ✓ Plage de température de fonctionnement: 0 à +50 ° C
- ✓ Sonde de température de fonctionnement De: 0 à +50 ° C
- ✓ Poids = 390 g.

-Mesure du rayonnement solaire:

Pour le rayonnement solaire total, l'appareil est équipé d'un écran pour afficher la lecture directe de l'intensité lumineuse en w/m² figure 3.13. Un signal de sortie analogique est fourni via a deux entrées de sécurité sur le panneau avant, pour une utilisation avec des dispositifs d'acquisition de données.



Figure III.10: Pyranomètre manuel

- certaines propriétés de l'appareil ce consiste :

Type: Frederiksen, Pyranomètre à main, 4890.20

- ✓ Dimensions: 172 x 108 x 58 mm.
- ✓ Plage de mesure: 0-1999 W / m².
- ✓ Résolution: 1 W / m².
- ✓ Précision: +/- 5%.
- ✓ Signal de sortie: 100 mV = 1000 W / m².

-Mesure des températures:

Thermocouple Type K 4 canaux Thermomètre numérique -200 ~ 1372 ° C-

2501° F w. Caractéristiques de l'appareille:

- ✓ LCD avec rétro-éclairage.
- ✓ Entrée de thermocouple de type K.

Entrée thermocouple double 4. Maintien maximum et maintien

- ✓ des données.
- ✓ Différence de température (T1-T4).
- ✓ Utilisateur sélectionnable ° C ou ° F ou K.
- ✓ Batterie: 9V DC (inclus).
- ✓ Batterie: 1 batterie de 9 volts (35,100).



Figure III.11: Capteur de thermocouple de type K.

-Mesure de chute de pression:

Les instruments Kimo, les émetteurs de classe 300 ont 2 sorties analogiques qui correspondent aux 2 premiers paramètres affichés. Vous pouvez activer 1 ou 2 sorties, et pour chaque sortie, vous pouvez choisir entre la pression, la température (sonde en option), la vitesse de l'air et le débit d'air (fonctions optionnelles),



Figure. III 12: Classe Kimo 300

-Spécifications techniques de l'appareil de mesure:

- ✓ Plage de 0 / + 10 Pa à -10 000 / + 10 000 Pa.
- ✓ Alimentation: 24 Vac / Vdc \pm 10%.
- ✓ Consommation: 5 VA.
- ✓ Température de fonctionnement: 0 à + 50 ° C .

- ✓ Température de stockage: -10 à + 70 ° C.
- ✓ Environnement: air et gaz neutres.

-Contrôle de la circulation d'air:

Un aspirateur mobile-1x - Aspirateur 1 KW- Poids 30 kg a été utilisé pour contrôler la circulation de l'air pendant l'expérience, (Figure. III.13).



Figure III.13: Aspirateur.

- Les caractéristiques de la machine:
 - ✓ Type de machine: filtre à air.
 - ✓ Fabricant: AB Electrostatique.
 - ✓ Modèle: MPF-803.

Dimensions hors tout: profondeur 84cm largeur 32.5cm hauteur 42.5cm.

III.5.Conclusion :

Grâce à ce chapitre, nous sommes arrivés à la conclusion que l'expérience est le seul moyen de prouver la validité de l'hypothèse car l'utilisation répétée de l'expérience donne de nouvelles idées qui peuvent confirmer la qualité et la validité de l'hypothèse ou son inexactitude, et donc nous avons atteint la vraie logique. Les outils de mesure sont également utilisés comme outils de référence en raison de leur haute précision de mesure. L'utilisation de ces capteurs est essentielle pour les mesures dans les applications météorologiques.

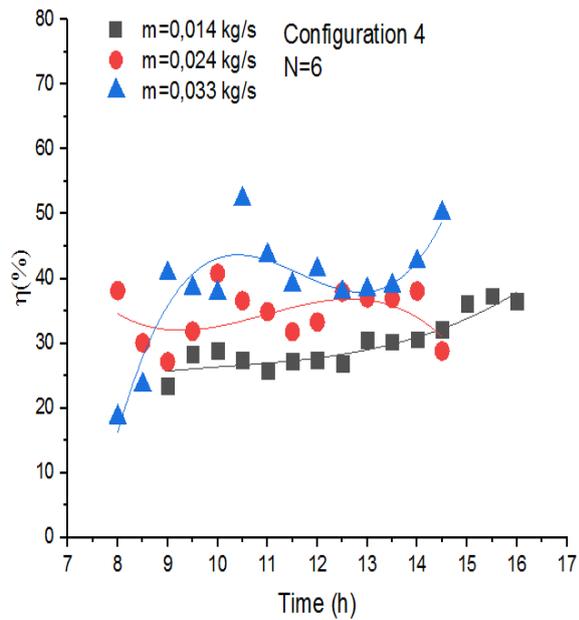
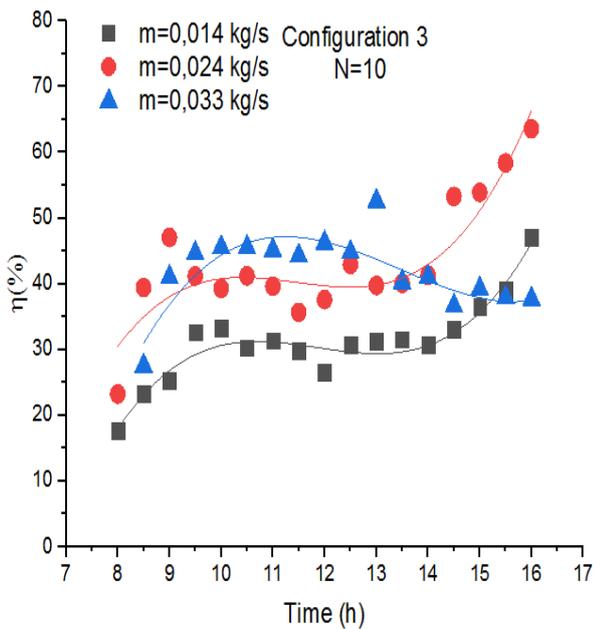
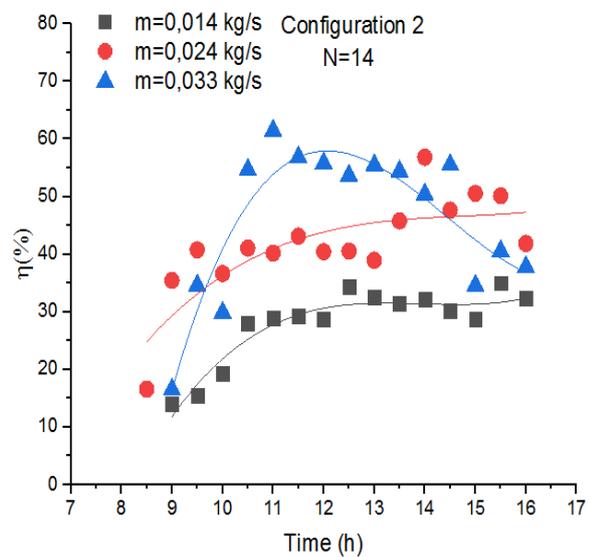
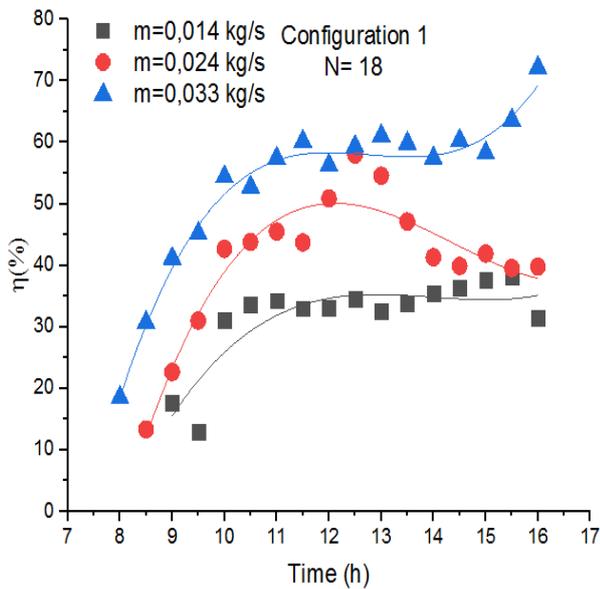
IV : Résultats et Interprétation

IV.1.Introduction :

Dans ce chapitre, représente l'explication les résultats des tests effectués sur le capteur solaire à voie unique. Ces essais ont pour but d'étudier l'effet de l'adjonction de chicane rectangulaires sur l'efficacité thermique du complexe et les résultats des expériences obtenues à partir de 6 modes.

IV.2. Résultats et interprétation

IV.2.1. Rendement thermique :



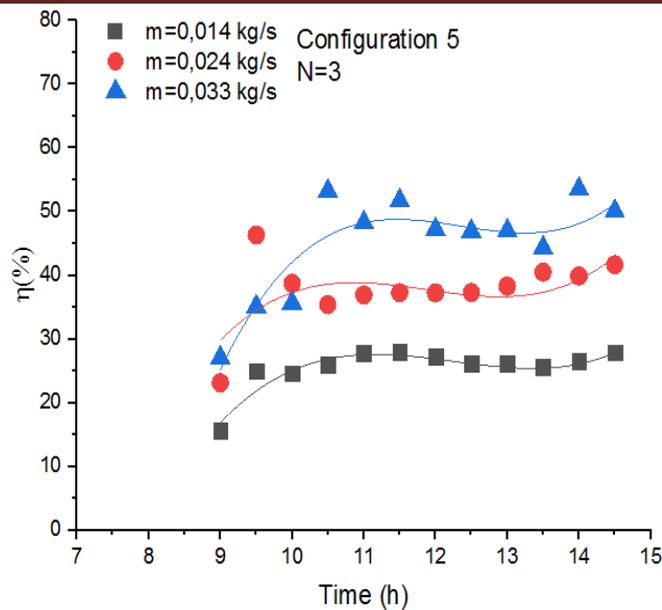


Figure IV.1: Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.

La figure (IV.1.) montre l'évolution de rendement thermique en fonction du temps solaire vrais selon les trois différents débits massique .On observe que le rendement thermique augmente avec une augmentation du débit massique, cet effet est influé sur la performance du capteur solaire plan à air par de méthode remarquable. On visée qu'au midi solaire, le rendement thermique prend des valeurs maximale pour chaque débit massique utilisé, et contrairement pour lever et coucher solaire, ou le rendement thermique diminuer brusquement. Le nombre des chicanes jeux un rôle principale en performance du capteur solaire, dans ce cas on va cibler que les résultats expérimentaux donnent différent résultats selon la configuration utilisées. Pour la configuration 1, donne le préférable rendement thermique, ou le nombre de chicanes $N = 18$ et le rendement $\eta = 72\%$, la seconde configuration, $N = 14$, $\eta = 61\%$, le troisième configuration, $N = 10$, $\eta = 52\%$, le quatrième configuration $N = 6$, $\eta = 52\%$, et le dernier configuration $N = 3$, $\eta = 53\%$, pour une faible débit massique on implique une faible rendement. diminution des rendement dans les troisième et quatrième structure en raison de légère rafales de vent ont affecté négativement les températures.

IV.2.2.Perte de charge :

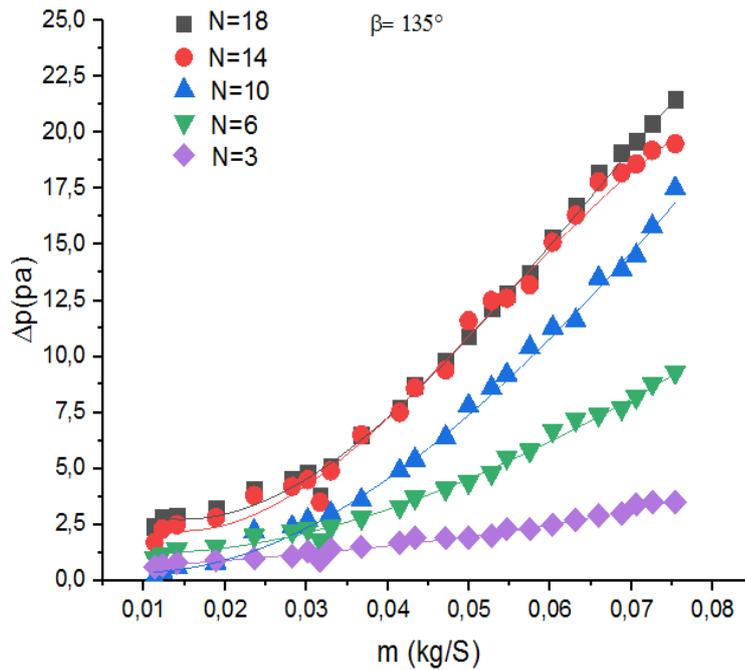
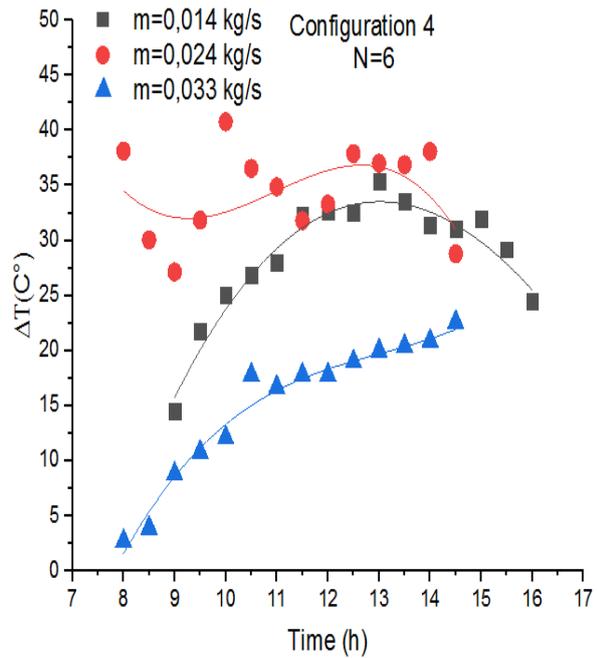
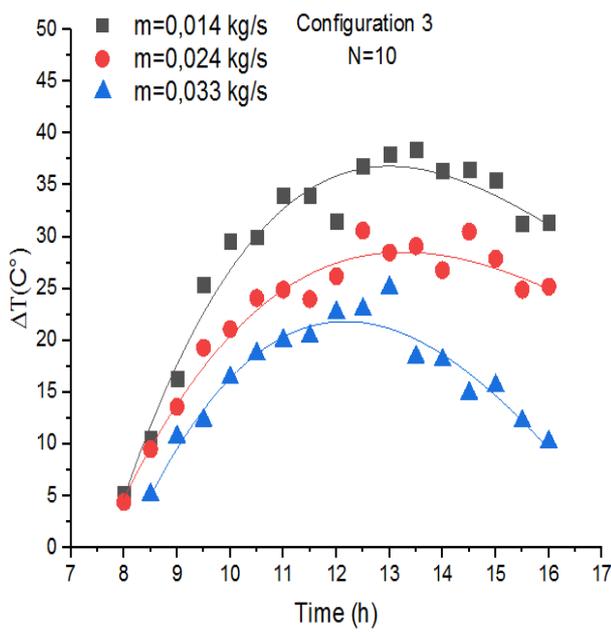
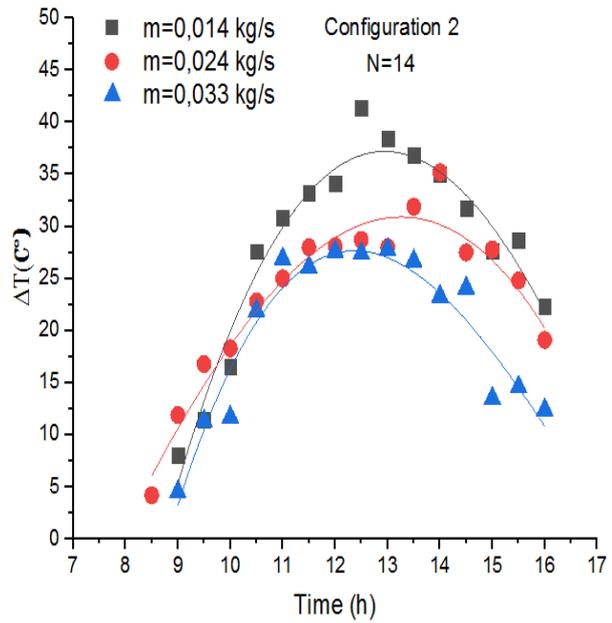
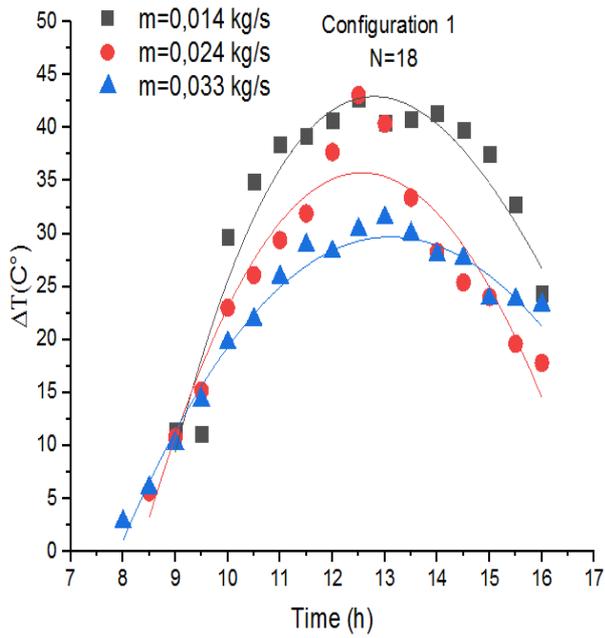


Figure IV.2 : Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes.

Le Figure IV.2 représente la variation de perte de charge en fonction de débit massique selon les cinq différentes de configuration. On remarque que l'évolution de perte de charge sous forme exponentiel, qui est influencé par le nombre des chicanes utilisées, ou $N = 18$ donne la grande perte de charge et diminuer par diminution les autres nombre des chicanes.

La perte de charge est augment par l'augmentation de débit massique, on sélectionné le faible perte de charge suivant la configuration 5, qui attient de valeur $\Delta P = 3.5$ Pa à débit massique $m = 0.075$ kg/s, et maximum perte de charge suivant la configuration 1, ou $\Delta P = 21$ Pa à débit massique $m = 0.075$ kg/

IV.2. 3.Variation de la température du fluide caloporteur :



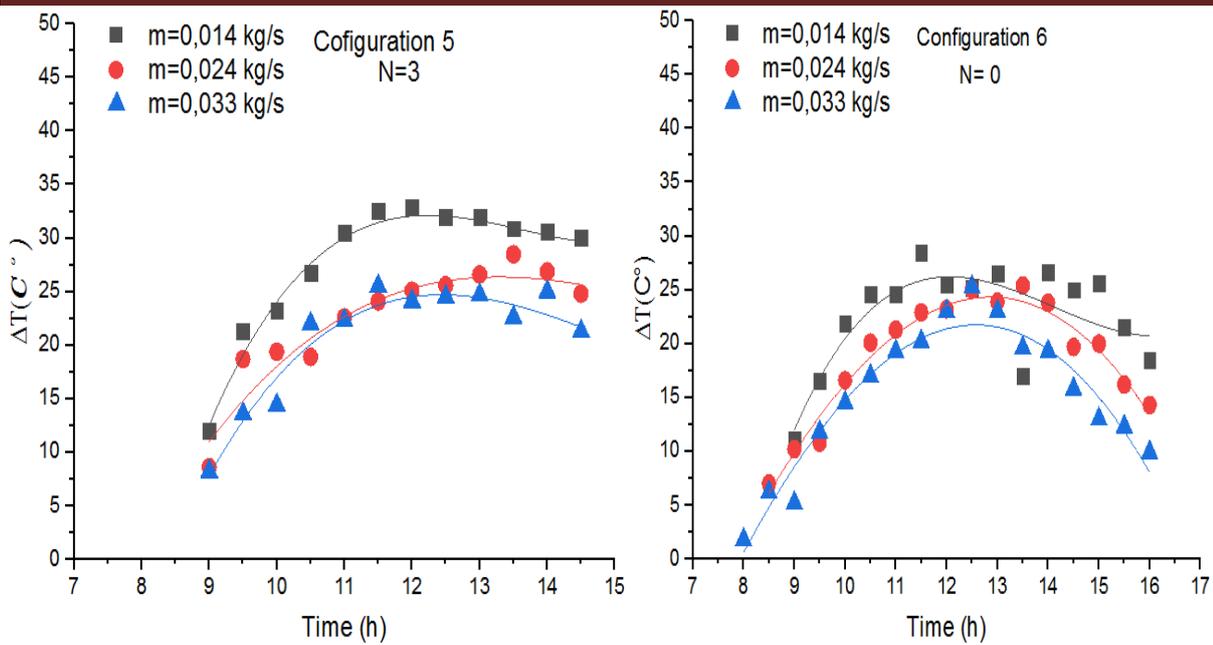


Figure IV.3 : Ecart de la température du fluide caloporteur selon trois différents débits Massiques.

Figure IV.5. montre la variation de l'écart de la température en fonction du temps, selon les cinq différentes configurations. On remarque que le maximum écart de température suivant le midi solaire est selon la configuration 1, ou $\Delta T_1 = 42^\circ\text{C}$ et est diminuée respectivement pour chaque configuration utilisée, quelque soit le débit massique.

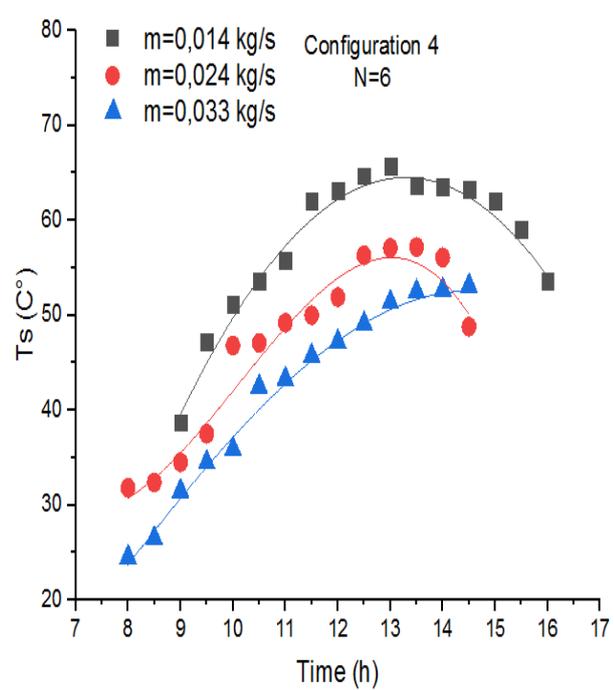
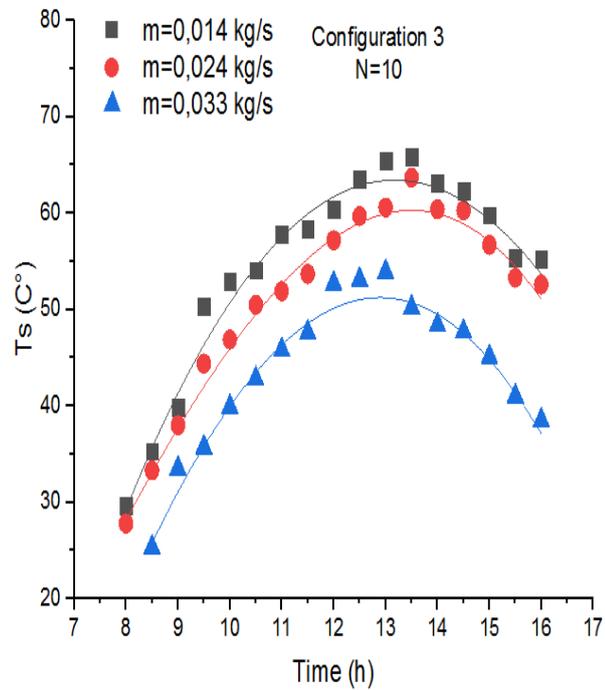
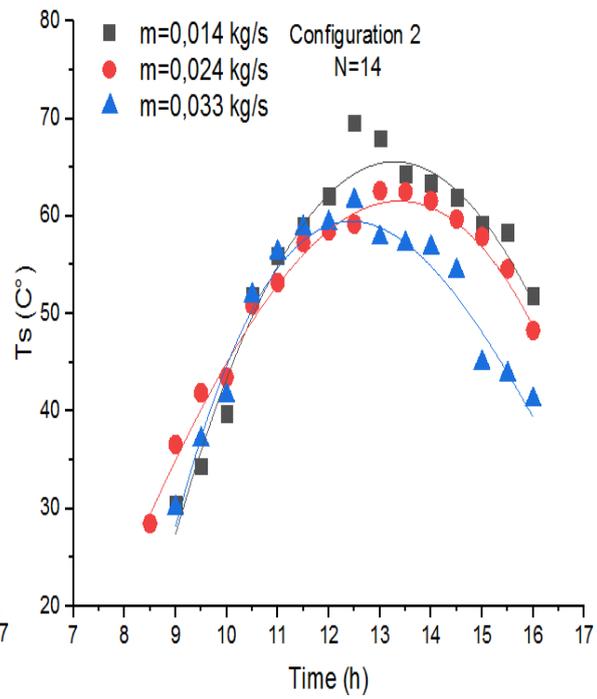
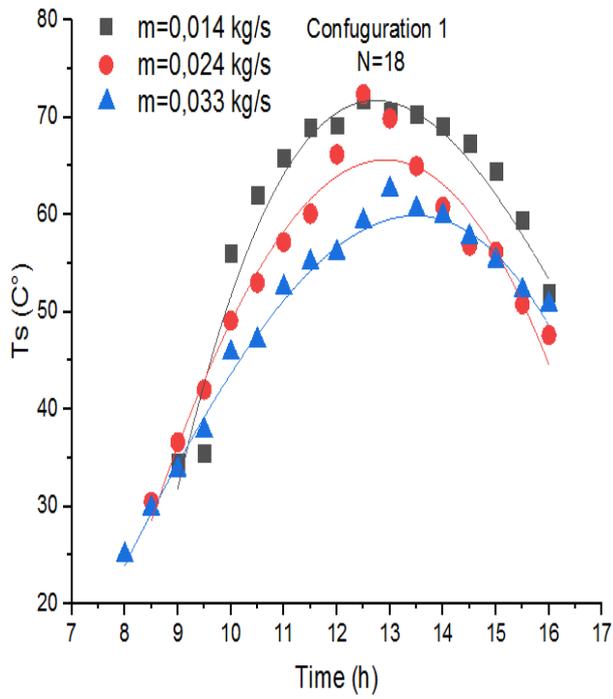
L'évolution de l'écart de température diminue par la diminution de débit massique. Pour le débit massique $m = 0.014 \text{ kg/s}$, et au midi solaire, soit donne l'écart de température selon la configuration utilisés, $\Delta T_1=42^\circ\text{C}$, $\Delta T_2= 41^\circ\text{C}$ (N=14chicanes), $\Delta T_3=38^\circ\text{C}$ (N=10chicanes) $\Delta T_4=35^\circ\text{C}$ (N=6chicanes), $\Delta T_5=32^\circ\text{C}$ (N= 3chicanes), $\Delta T_6=28^\circ\text{C}$ (San chicanes), respectivement de la configuration utilisé.

On observe aussi que la configuration 5 a la même l'écart de la température, à celle sans chicanes.

IV.2.4. Température de sortie :

Figure IV.4, montre l'évolution de la température de sortie en fonction de temps, et selon les trois différents débits massique. On visée que la maximum température du sortie toujours est au midi solaire pour la configuration 1 ($T_s = 71^\circ$, N=18), configuration 2 ($T_s=69^\circ$, N=14), configuration 3 ($T_s=66^\circ$, N=10), configuration 4 ($T_s=65^\circ$, N=6) et configuration 5 ($T_s=59^\circ$, N=3),

et configuration sans chicanes 6(Ts=57 ,N=0) respectivement à la même débit massique m=0.014 kg/s.



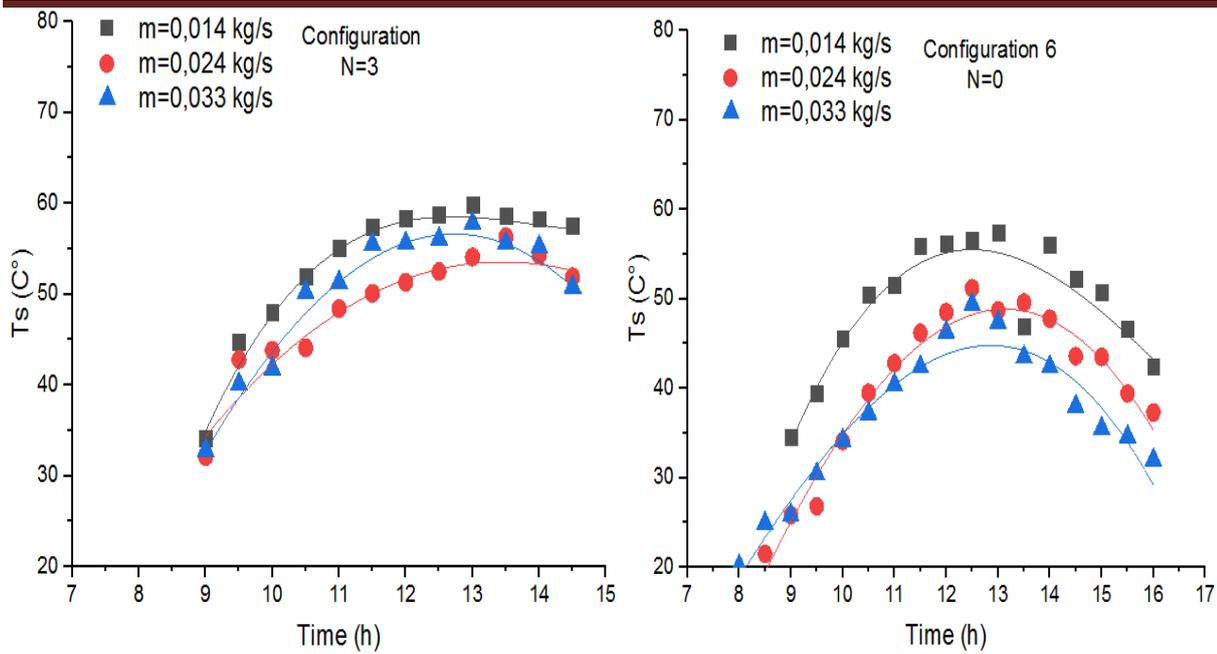
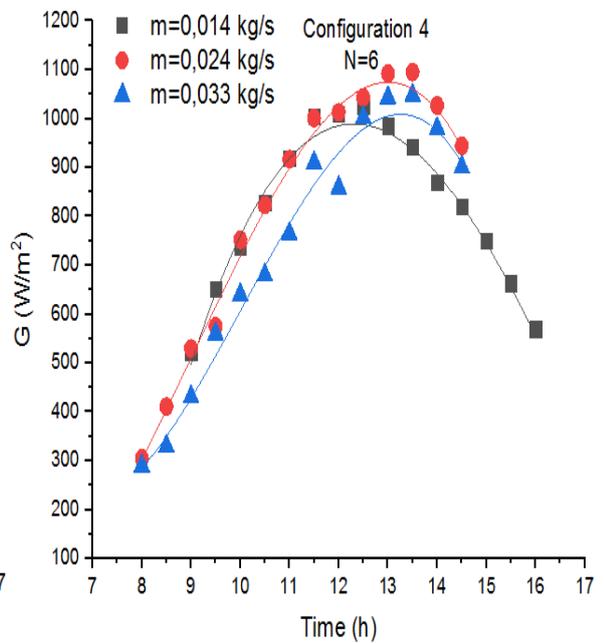
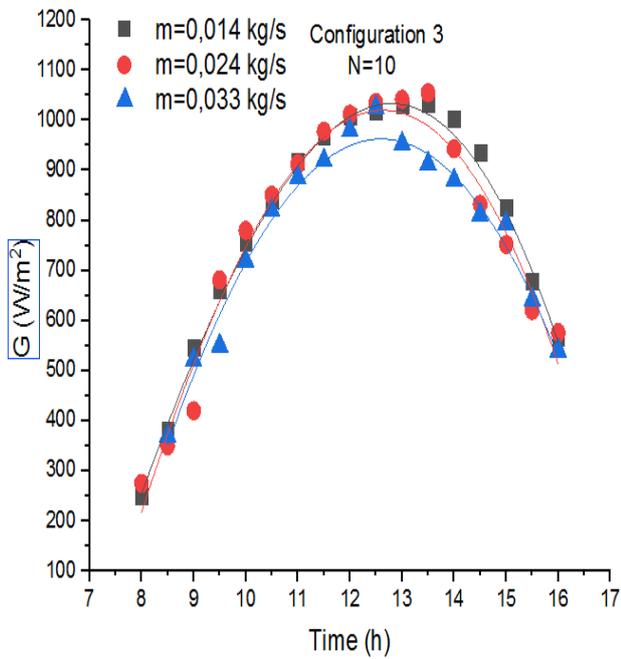
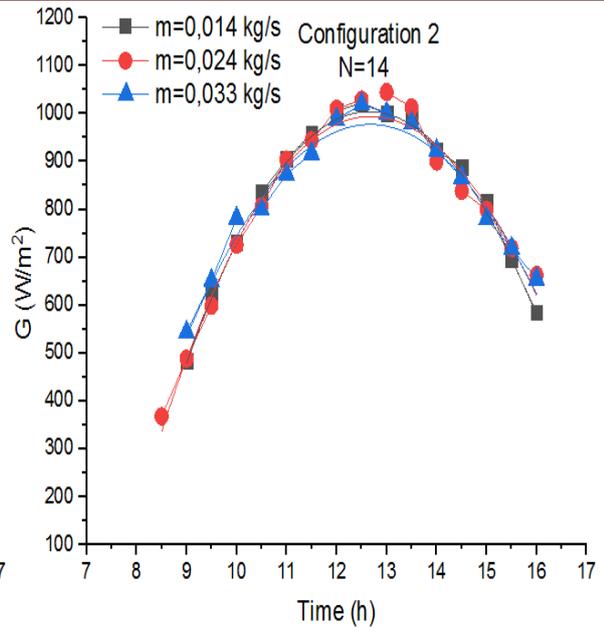
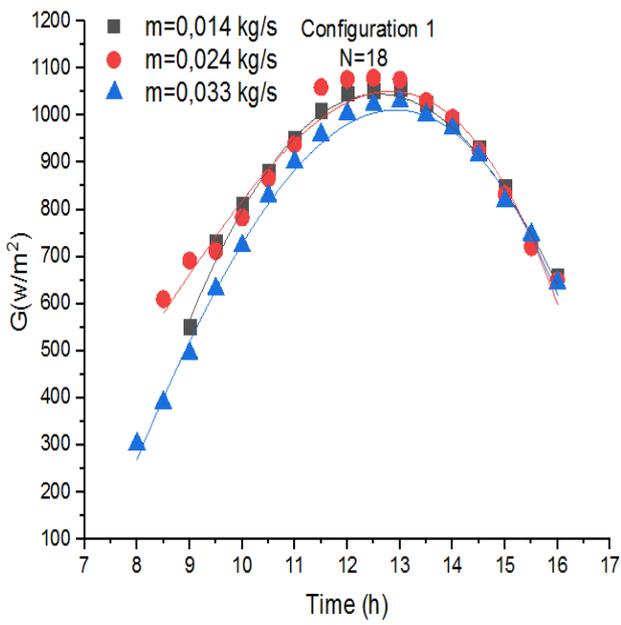
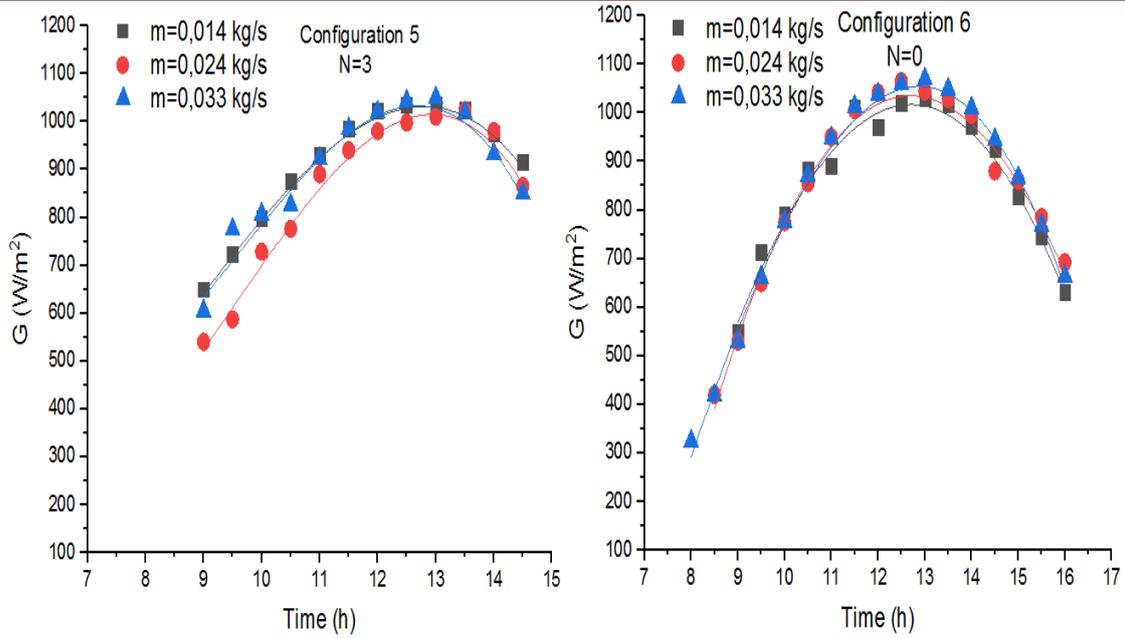


Figure IV.4 : Variation de température de sortie en fonction du temps.

IV.2.5: Rayonnement solaire :

Les figures IV.5 qui suivent présentent l'évolution de la variation du rayonnement solaire global en fonction de termes de temps selon les configurations des chicane, en analysant les résultats présentés dans les figures. IV 5 on déduit que le rayonnement solaire commence par des valeurs assez faibles 250 à 350 W/m^2 au début de l'expérience vers 8h du matin et continue d'augmenter jusqu'à atteindre sa valeur supérieure vers 13h, une valeur de 1000 à 1100 W/m^2 , puisqu'il commence à diminuer pour atteindre une valeur comprise entre 600 et 700 W/m^2 à 16h, Dans le même caractéristique dans la figure IV.5. Les résultats sont pris pour un ciel clair durant toute l'expérience.

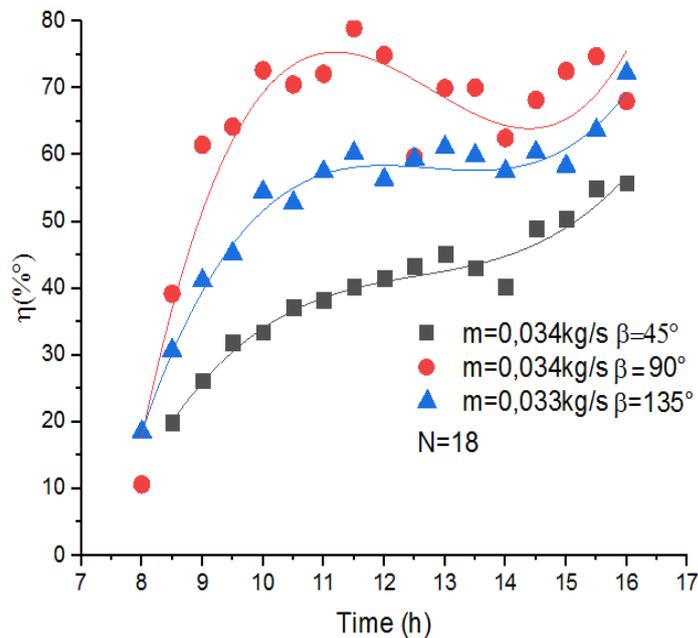




Figures IV.5: Variation de rayonnement solaire en fonction du temps.

IV.6. Comparaison des résultats (le rendement et le perte des charge) :

IV.6.1. Le rendement thermique :



La figure (IV.6) montre la différence de rendement thermique en fonction du temps solaire réel en fonction débit massique.

La figure (IV.6) montre la différence de rendement thermique en fonction du temps solaire réel en fonction débit massique. Nous comparerons les résultats obtenus avec ceux des étudiants qui ont fait la même expérience et qui ont pris des angles différents du 135° et l'étudiant a pris D. KHERROUBI[5] angle 90° et l'étudiant angle 45° O.N. El Islam[3]et nous notons que le meilleur rendement thermique était pour l'étudiant reste $\eta=74\%$ D. KHERROUBI[5] et suivi par l'évangile des résultats de notre expérience avec un rendement équivalent à $\eta=72\%$ et l'étudiant islam $\eta=57\%$ DE citant à travers cela que angle des chicane est efficace dans les rendement thermique ou ces résultats étaient presque à même débit massique $m=0.034$ kg/s.

IV.6.2.le parte des charge :

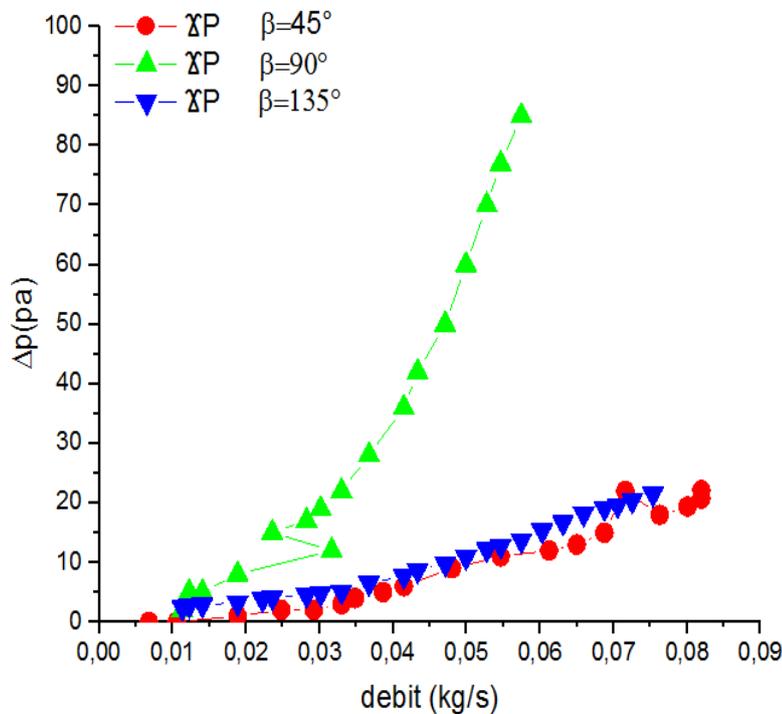


Figure IV.7 : Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicane (N=18).

La figure (IV.7) montre la différence de la perte de charge en fonction du débit massique selon les cinq configurations différentes des données de Djaber Kherroubi [5] (un angle égal à 90°), et l'étudiant O.N. El Islam [3](un angle égal à 45°)

Nous notons que l'évolution de la diminution de la pression est liée au nombre de chicane et au volume du flux, c'est-à-dire qu'elle augmente avec l'augmentation et la diminution avec sa

diminution de sorte qu'elle enregistre la plus grande valeur de la perte de charge à la configuration 1 (18 chicanes) $\Delta P = 90 \text{ Pa}$ et la valeur la plus faible de la perte de charge de

O.N. El Islam configuration 1 (18 chicanes) $\Delta P = 22 \text{ Pa}$.

Ce que nous avons fait dans notre expérience qui a donné les meilleurs résultats et c'est jusqu'à l'angle 135° en termes de basse pression $\Delta P = 21 \text{ Pa}$. ces résultats avaient le même débit massique par rapport aux résultats de D. KHERROUBI mais le flux massique de islam était assez différent ce qui faisait une contradiction dans les courbes.

IV.7.Conclusion :

Des séries de mesures sont effectuées, les résultats obtenus montrent qu'un écart moyen entre la température d'entrée de l'air et celle à la sortie est obtenue et que cette valeur est plus grande pour un capteur muni de chicanes. Le rendement calculé est par conséquent supérieur.

Un bon accord entre les résultats mesurés et ceux donnés par les modèles établis. Les modèles établis permettront de prévoir certains paramètres et également pour le dimensionnement de tels systèmes en absence de données expérimentales.

La présence des chicanes a permis une augmentation des performances thermiques du capteur solaire. Sa valeur dépend de celle du débit du fluide caloporteur.

Les pertes thermiques par rayonnement sont considérables. Les pertes dépendant de la nature du matériau utilisé comme absorbeur.

Les performances calculées permettent de juger, pour une telle ou telle application si l'énergie solaire est préférable aux autres sources d'énergie. L'ensemble contribue à la constitution d'une géographie de l'utilisation de ces systèmes.

Conclusion générale

Le travail représente une contribution efficace pour l'amélioration des performances d'un capteur solaire plan à air, ce qui a été réalisé et testé dans le hall technologique du département de génie mécanique de l'Université de Biskra.

L'amélioration des performances des capteurs solaires consistent à limiter les déperditions thermiques par convection et par rayonnement vers l'extérieur.

Les résultats montrent l'effet des chicane sur la plaque d'absorption, on conclut des résultats des configurations que non seulement ajouter des chicane augmente l'efficacité du capteur, mais aussi mettre un effet sur l'efficacité, nous avons prouvé que l'ajout des chicane crée de nouvelles turbulences.

Ce qui concerne l'amélioration du rendement dans nos cinq expériences, on conclut que le mode 2 est meilleur, même si le mode 1 est plus efficace que le mode2, mais la perte de charge de mode2 n'est pas comparable à la perte de charge du mode1, nous concluons que l'installation des chicane au milieu de la conduite est le meilleur mode pour notre capteur

Nous notons que les résultats de notre expérience ont été idéaux en termes de rendement thermique et de perte de charge en fonction de la résultats de l'étudiant **Djaber Kherroubi** et **O.N. El Islam**.

L'ajout des chicane est donc un facteur très important pour l'amélioration des performances d'un capteur solaire plan à air .En effet, leur rôle est double elles permettent rendre turbulent l'écoulement à proximité de la plaque chaude et aussi elles prolongent le parcours du fluide caloporteur.

Pour avoir un bon rendement il faut :

- Maintenir une faible différence de température entre l'absorbeur et la couverture transparente afin de diminuer les pertes thermiques convectifs à l'avant du capteur.
- Choisir une température d'entrée du fluide caloporteur assez faible.
- Avoir un débit élevé pour améliorer l'énergie utile récupérée.

ملخص: تهدف دراستنا الى تحسين مردودية السخان الشمسي وهذا بإجراء مجموعة من عمليات و هذا وفق التغيرات في معطيات التجربة. كانت التجربة محددة في اضافة بعض المعيقات داخل قناة لوحة السخان الشمسي، وهذا بدراسة الشكل الهندسي للمعيق الهوائي، والذي كان على شكل مستطيل محمول على عرض القناة ومائل بزاوية 135° و جعلناه يسمح بمرور الهواء من اعلاه و اسفله مما يزيد في عملية انتقال الحرارة بشكل كبير بين اللوحة السفلية و اللوحة الماصة. من اجل دراسة شاملة للوحة الشمسية تطرقنا الى اختيار ثلاث تدفقات الكتلية للحركة الهواء و التي مساوية الى 0.019, 0.024 و 0.034 كغ/ثا. كما اضعنا تأثير عدد المعيقات و ريقة توزيعها داخل القناة و هذا وفق النماذج التالية النموذج الاول $n = 18$ و الثاني 14 و الثالث 10 و الرابع 6 و الاخير 3 و التي تكون موزعة بشكل مدروس، كما يجب معاينة قيمة الضياع في الضغط. هذا العمل يعكس النتائج المتحصل عليها في التجربة حيث يظهر التحسن الملحوظ في الكفاءة الحرارية بعد اضافة النمط رقم 2 و النمط 1 اين يقدمان افضل كفاءة حرارية , لكن اخترنا النمط 3 و ذلك لنقص في ضياع في الضغط مقارنة مع النمط 2, و 1 وبالتالي فإن الزيادة في عدد المعيقات تعطي تحسين فعال في المردودية الحرارية، و لكن اخترنا النمط 3 اين يكون عدد المعيقات تساوي 10 كأحسن نمط من الانماط الاخرى.

مفتاح الكلمات: اللوحة الشمسية، المردودية الحرارية، اشعة الشمس، الضياع في الضغط، عدد المعيقات، درجة الحرارة.

Abstract: Our study aims to improve the efficiency of the solar heater by performing a number of operations according to the changes in the experimental data. The experiment was limited to adding some obstacles inside the channel of the solar heater panel, by studying the geometrical shape of the air obstruction, which was in the form of a rectangle carried over the width of the channel and tilted at an angle of 135° and we made it allow air to flow from above and below, which increases the transmission process Heat significantly between the bottom plate and the absorbent plate. For a comprehensive study of the solar panel, we discussed the selection of three mass flows of air movement, which are equal to 0.019, 0.024, 0.034 kg/s. We have also added the effect of the number of obstacles and the way they are distributed within the channel, and this is according to the following models: the first model $n = 18$, the second 14, the third 10, the fourth 6 and the last 3, which are distributed in a thoughtful manner, and the value of the pressure loss must be examined. This work reflects the results obtained in the experiment, where the noticeable improvement in thermal efficiency appears after adding mode No. 2 and Mode 1, which provide the best thermal efficiency, but we chose Mode 3 due to a decrease in pressure loss compared to Mode 2, and therefore the increase in The number of obstacles gives an effective improvement in the thermal efficiency, but we chose mode 3 where the number of obstacles is equal to 10 as the best type of other types.

Keywords : solar collector, thermal efficiency, solar radiation, pressure drop, baffles, temperature.

Résumé : Notre étude vise à améliorer le rendement du chauffe-air solaire en effectuant un certain nombre d'opérations en fonction de l'évolution des données expérimentales. L'expérience s'est limitée à ajouter quelques obstacles à l'intérieur du canal du capteur de chauffage solaire, en étudiant la forme géométrique des chicanes, qui était sous la forme d'un rectangle porté sur la largeur du canal et incliné à un angle de 135° , et nous avons fait en sorte que l'air circule d'en haut et d'en bas, ce qui augmente considérablement le processus de transmission de la chaleur entre la plaque inférieure et la plaque absorbante. Pour une étude complète du capteur solaire, nous avons discuté de la sélection de trois débits massiques de mouvement d'air, qui sont égaux à 0,019, 0,024, 0,034 kg/s. Nous avons également ajouté l'effet du nombre d'obstacles et de leur répartition au sein du canal, et ce selon les modèles suivants : le premier modèle $N = 18$, le deuxième 14, le troisième 10, le quatrième 6 et le dernier 3, qui sont répartis de manière raisonnée, et la valeur de la perte de charge doit être

Résumé

examinée. Ce travail reflète les résultats obtenus dans l'expérience, où l'amélioration notable de l'efficacité thermique apparaît après l'ajout du mode n°2 et du mode 1, qui fournissent la meilleure efficacité thermique, mais nous avons choisi le mode 3 en raison d'une diminution de la perte de charge par rapport au mode 2, et donc l'augmentation du nombre d'obstacles donne une amélioration effective de l'efficacité thermique, mais nous avons choisi le mode 3 où le nombre d'obstacles est égal à 10 comme le meilleur type des autres types.

Mots clés : capteur solaire, rendement, perte de charge, rayonnement solaire, chicanes, température

Références Bibliographiques

- [1] www.google.com mots clés capteurs solaires plans.
- [2] **Thomas LETZ**, “Intégrer le solaire thermique dans le bâtiment”, formation décembre 2007- janvier 2008
- [3] **A.H. Khedim**, “Energie solaire et son utilisation sous forme thermique et photovoltaïque”, Centre de Publication Universitaire, (2003)
- [4] DU ECU - “introduction à la physique du Soleil J.-M. Malherbe”
- [5] **S. Saadi**, “Effet des paramètres opérationnels sur les performances d’un capteur solaire Plan”, Mémoire de Magister en physique ; UMC, 2010.
- [6] **Z. Sen**, “Solar energy fundamentals and modeling techniques”, Springer.(2008).
- [7] **J. Bonal, P. Rossetti**, “Les énergies alternatives”, Omniscience, (2007).
- [8] **D. K. Edwards**, “Capteurs solaires Edition SCM”, paris. (1979).
- [9] **G. C. K**, “Double-channel flow flat-plate solar air heater Part II.Final Year Project
- [10] <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759#>.
- [11] **J.BERNARD**, “Energie solaire : Calculs et optimisation Edition ellipses” ,2004.
- [12] **A.RICAUD**, “Gisement solaire éditeur : Alain Ricaud publiés par CYTHELIA sarl” , Sept-2009
- [13] **Jean-Christophe PAYET**, “Etude bibliographique sur le gisement solaire et éolien de la Réunion : analyses et méthodes de mesures”, 8 juin 2007
- [14] http://personnel.univ-reunion.fr/lanson/typosite/fileadmin/documents/pdf/RapportM1_2006-2007/Rapport_Payet_J_Christophe.pdf. (Consulté le 03/04/2013 à 19 :15).
- [15] **P. Stéphane**, “Nouvelles architectures distribuées de gestion et de conversion de l’énergie pour les applications photovoltaïques”, thèse de doctorat, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Janvier 2009
- [16] **B.Abdelaziz**, “Modélisation et expérimentation d’un capteur solaire plan à eau Influence de l’intensité de l’éclairement solaire et de l’inclinaison du capteur solaire sur le rendement du capteur”, Mémoire de MASTER Spécialité : Génie des procédés Option : Génie chimique

Références Bibliographiques

- [17] **A. Mefti , M.Y Bouroubi, H. Mimouni**, “ Evaluation du potentiel énergétique solaire”, Bulletin des Energies Renouvelables, N° 2, P12, décembre 2002.
- [18] **A.Sfeir,G.Guarracino**, “Ingénierie des systèmes solaires” ,Technique et documentation, Paris. (1981).
- [19] **Ch .Perrin**,de Brichambaut;C,Vauge, “Le gisement solaire” Technique et Documentation, Paris , (1982).
- [20] **J.A.Duffie,W.A.Beckman** “Solar engine eringofthermal processes”,JohnWiley and Sons, (1980).
- [21]**S.KARROUT**, “Etude théoriques et numériques des systèmes couples :
distillateur plan-capteur et distillateur HOT BOX – capteur ”, mémoire Magister, Université de CONSTANTINE, 2009
- [22]**N.Benbouza**, “Etude du rayonnement solaire dans la région de Batna”.Mémoire de magister- Université de Batna 2008.
- [23]**M.Capderou**, “Atlas solaire de l’Algérie”, Tome 1, Vol. 1 et 2 ; OPU, 1987.
- [24] “Unité de Recherche Matériaux et Energies Renouvelables”
- [25]**W.Harma** , “L’étude d'un capteur solaire thermique à air ,(Théorique & expérimentale) ”, Université Ahmed Draia – Adrar,p 38,2019,
- [26] **Berner, C., Durst, F, McEligot, D.M.**, (1984) , “ Flow around baffles”, Trans. ASME J. Heat Transfer 106, pp. 743–749.ransfer 106, pp. 743–749
- [27]**A.Mohammed Amine** , “Etude numérique d’un capteur solaire plan à air Influence de la forme de la rugosité”, Mémoire de magister 2011-2012.
- [28] <http://www.ekopedia.fr/images/d/d3/Sechoir-solaire.png>
- [29] **Yang, YT, Hwang CZ. (2003)**, “Calculation of turbulent flow and heat transfer in a porous-based channel”, Int J. Heat Mass. Transfer; 46, pp. 771–80.
- [30] **Hwang, R. R, Chow, Y. C, Peng, Y.F**, “Numerical study of turbulent flow over-tow dimensional surface-mounted ribs in a channel”, International journal for Numerical Methods in Fluids. 37, pp. 767-785. 1999.
- [31] **Yuan, Z.X. and Tao, W.Q.** (1998), “Numerical prediction for laminar forced convection heat transfer in parallel-plate channels with streamwise-periodic rod disturbances”, Int. J. Numerical Methods in Fluids, Vol. 28, pp. 1371-87.

Références Bibliographiques

- [32] **A. Ahmed-Zaid, A. Moulla, M. S. Hantala et J.Y. Desmons**, “Amélioration des Performances des Capteurs Solaires Plans à Air: Application au Séchage de l’Oignon Jaune et du Hareng”, *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 4, pp. 69 – 78, 2001.
- [33] **F. Chabane, N. Moumimi, S. Benramache, D. Bensahal, O. Belahssen**, “Collector Efficiency by Single Pass of Solar Air Heaters with and without Using Fins”, *Engineering Journal*, pp. 44-53, July 2013.
- [34] **K. Mohammadi, M. Sabzpooshani**, “Comprehensive performance evaluation and parametric studies of single pass solar air heater with fins and baffles attached over the absorber plate”, *Energy*, vol. 57 pp. 741-750, 2013.
- [35] **O.N. El Islam**, “Influence de l’adjonction des chicane transversales sur les performances d’un capteur solaire à air” Mémoire de Master, Université de Biskra (2019).
- [36] **D. KHERROUBI**. “Influence de l’adjonction des chicane transversales sur les performances d’un capteur solaire à air” Mémoire de Master, Université de Biskra (2019).
- [37] **H. M. Sadok**, “Influence de l’adjonction des chicane transversales sur les performances d’un capteur solaire à air” Mémoire de Master, Université de Biskra (2018).
- [38] **F. Grira**. “Influence de l’adjonction des chicane transversales sur les performances d’un capteur solaire à air” Mémoire de Master, Université de Biskra (2017).
- [39] **G. C. K.**, “Double-channel flow flat-plate solar air heater”, Part II., Final Year Project, B.Eng., Engineering Faculty., Univ. Malaya, 1986.
- [40] **K. Altfeld**, “Second law optimization of flat-plate solar air heaters Part I: The concept of net exergy flow and the modeling of solar air heaters.”, *Solar Energy*, Volume 41, Issue 2, 1988, pp. 127-132
- [41] **K. Altfeld**, “Second law optimization of flat-plate solar air heaters. Part 2: Results of optimization and analysis of sensibility to variations of operating conditions.”, *Solar Energy*, Volume 41, Issue 4, 1988, pp. 309-317
- [42] **M. Zedayria**, “Effet des paramètres géométriques, thermophysiques et optiques sur les performances thermiques des capteurs solaires plans à air”. Mémoire de magister-Université Mohamed Khider – Biskra 2010.
- [43] **L. C. Demartini, H. A. Vielmo and S. V. Möller**, “Numeric and Experimental Analysis of the Turbulent Flow through a Channel With Baffle Plates”, *J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng*, 20 Vol. XXVI, No. 153, (2004).
- [44] **A. Labed 1, N. Moumimi 1, A. Benchabane 2, K. Aoues 2 et M. Zellouf 2**,
“1 Laboratoire de Génie Mécanique, LGM, Faculté des Sciences et de la Technologie”

Références Bibliographiques

“2 Laboratoire de Génie Énergétique et Matériaux, LGEM, Faculté des Sciences et de la technologie”

Université Mohamed Khider, B.P. 145, R.P. 07000, Biskra, Algérie

(reçu le 20 Août 2014 – accepté le 29 Mars 2015)

[45] **V. Rouss, R. Younes, S. Abboudi**, “ Estimation du coefficient de transfert de chaleur sur une ailette cylindrique”, 5ème Colloque International Conception et Production Intégrées, Maroc, Octobre 2007.

[46] **M. Sandali #1, A.N. Korti #2#**, “ Laboratoire ETAP”, Département de Génie Mécanique, Université de Tlemcen.

1 sandalimessaoud@gmail.com

2 korti72@yahoo.fr

[47] **K. Sopian, M.A. Alghoul, E.M. Alfegi, M.Y. Sulaiman, E.A. Musa**. “Evaluation of thermal efficiency of double-pass solar collector with porous–nonporous media”.

Renewable Energy 34 (2009) 640–645.

[48] **M.T.Baissi**, “Etude théorique et expérimentale des paramètres de fonctionnement d’un capteur solaire plan”, Mémoire de magister-Université Mohamed Khider – Biskra 2012.

[49] **N,Hamani; A,Moummi; N,Moummi; A,Saadi; Z,Mokhtari**. “Simulation de la température de sortie de l’eau dans un capteur solaire cylindro-parabolique ”, dans le site de Biskra, Revue des Energies Renouvelables, Vol 10, n° 2, p 215-244. (2007).

[50] **F. BENYELLES, B. BENABADJIA, B.BENYOUCEF et Z.ZIANI**, “ Comparaison entre un capteur à aéro-gel de silice et d’autres capteurs plans ”, 13èmes Journées Internationales de Thermique [20]

[51] **A. Zerrouki, B. Tedjiza et N. Said**, “Modélisation des Pertes Thermiques dans un Capteur Solaire à Air à deux Passes”, Rev. Energ. Ren. Vol. 5, pp. 49-58, 2002

tionales de Thermique.2007

[52] **F. Mokhtari et D. Semmar**, “L’Influence de la Configuration de l’Absorbeur sur les Performances Thermiques d’un Capteur Solaire à Air”, Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l’Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie Rev. Energ. Ren. : Journées de Thermique (2001) 159-162.